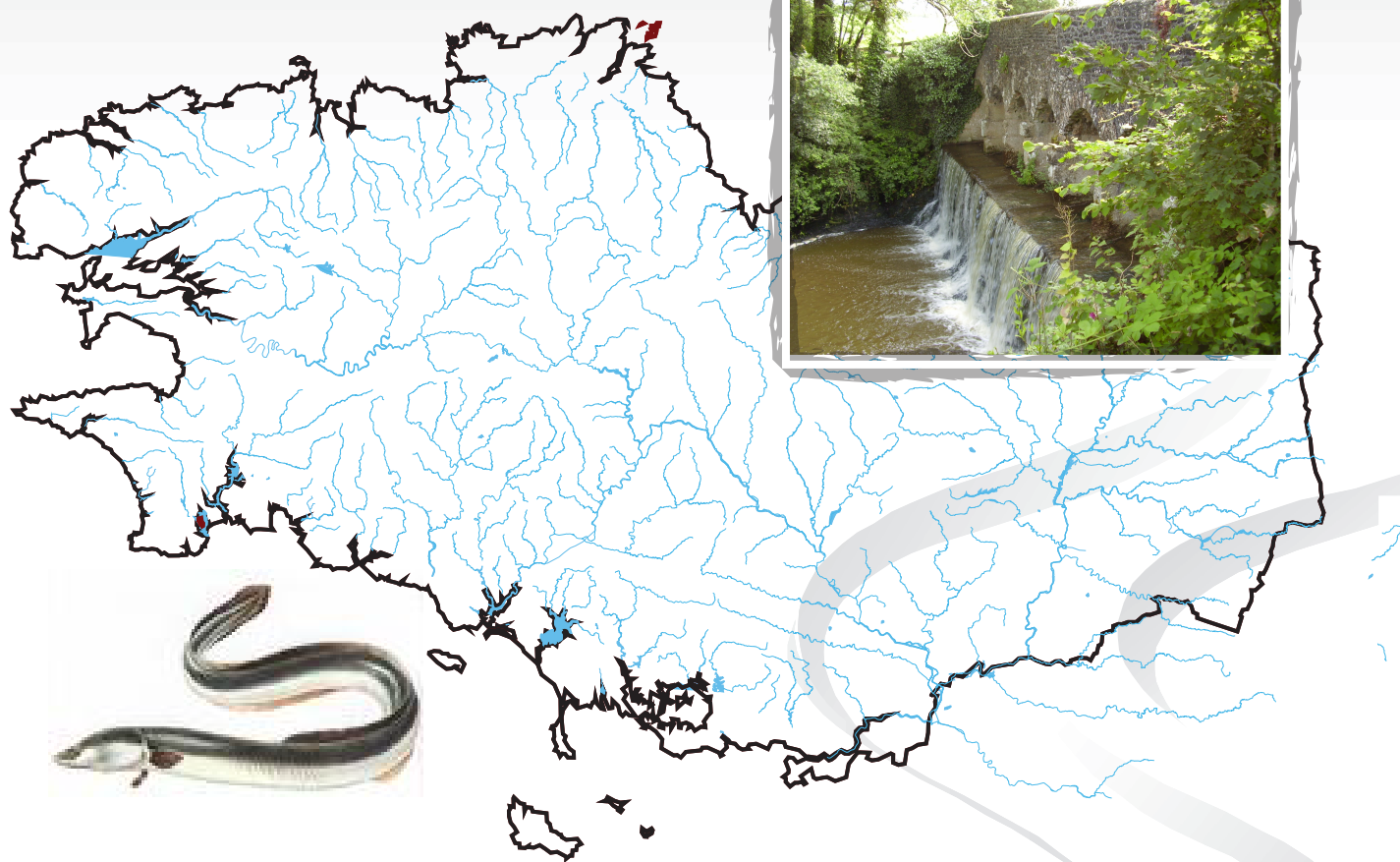


Développement d'un indicateur pour caractériser l'impact migratoire sur le stock d'anguille européenne à l'échelle des bassins

Mémoire critique

Gaëlle LEPREVOST

Août 2007



Réalisé sous la direction de :

Cédric BRIAND (IAV)

& Pierre-Marie CHAPON (ONEMA)



Rapport de stage pour l'obtention de la maîtrise
Ingénierie des Milieux Aquatiques et des CORridors Fluviaux (IMACOF)
Institut Universitaire Professionnalisé (IUP)
Université des Sciences et Techniques de TOURS

REMERCIEMENTS

Un grand merci à mes maîtres de stage pour leur sympathie et leur convivialité et sans qui la réalisation de mon stage n'aurait été possible :

- M. Cédric BRIAND de l'Institut d'Aménagement de la Vilaine (IAV) ;
- M. Pierre-Marie CHAPON de la Délégation Régionale Basse-Normandie et Bretagne de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA).

Je remercie Cédric BRIAND pour avoir contribué à l'élaboration du stage et pour tous ces conseils.

Je remercie également le personnel de la DR 2 ONEMA pour m'avoir accueillie dans leur établissement et pour leur gentillesse et plus particulièrement :

- M. Jean-Pierre PORCHER, adjoint au délégué régional pour ses nombreux conseils tout au long du stage ;
- M. BAGLINIERE Erick, ingénieur informatique pour avoir travaillé sur la base BDMAP pour d'éventuelles modifications ;
- M. Thibault VIGNERON, ingénieur pour ses conseils.

Puis, je remercie toutes les personnes qui m'ont aidées :

- M. Laurent BEAULATON, ingénieur à la Direction des Services Techniques de l'ONEMA pour ses nombreux conseils sur l'utilisation de R et en statistique ;
- M. Pascal LAFFAILLE de l'Université de Rennes 1 pour ses conseils ;
- Mme Marie-Andrée ARAGO, ingénieur à la mission Ouest Grand Migrateur pour m'avoir permis de consulter la documentation ;
- M. Olivier LEDOUBLE, technicien à la DR 2 de l'ONEMA pour ses conseils sur SIG et ses nombreuses informations sur le fonctionnement de l'ONEMA ;
- M. René KERLOC, chef de brigade du Morbihan et M. Yann TRAX pour leur sympathie et leur aide sur le terrain.

SOMMAIRE

RESUME	2
ACRONYMES	3
GLOSSAIRE	3
PREAMBULE	4
CHAPITRE I : INTRODUCTION	5
CHAPITRE II : LES STRUCTURES D'ACCUEIL	7
CHAPITRE III : LE CADRE DE L'ETUDE	8
CHAPITRE IV : METHODE	21
CHAPITRE V : RESULTATS	35
CHAPITRE VI : DISCUSSION	54
CHAPITRE VII : CONCLUSION	64
Table des matières	65
Liste des figures	67
Liste des tableaux	69
Index bibliographique	70
Annexes	76

RESUME

Résumé - Le Règlement du Conseil européen pour la reconstitution du stock en anguilles européennes fixe d'atteindre 40 % d'échappement vers la mer de la biomasse d'anguilles argentées dans un habitat vierge d'impact. Nous avons développé un indicateur pour simuler l'effet des obstacles et de la baisse du recrutement sur les densités en anguilles jaunes.

Notre modèle est basé sur des modèles GAM. Il ajuste les densités de 586 pêches électriques, réparties sur 374 stations et 13 bassins versants en Bretagne (France). Les prospections ont eu lieu entre 1978 et 2005. Les principaux facteurs pris en compte dans l'estimation des densités sont des facteurs de milieu, la méthode de pêche et le cumul de l'impact des obstacles migratoires situés en aval des stations de pêche. Les résultats obtenus sur 523 ouvrages ayant permis la simulation de 9 200 franchissements d'obstacles permettent de préciser les critères de franchissabilité. Ces derniers comprennent le profil, la rugosité, la forme des berges et la hauteur. L'existence d'une voie de passage plus facile n'est pas retenue dans l'analyse.

Le modèle est utilisé pour prédire en 1980 et en 2004 les densités sur l'ensemble de la Bretagne où 1 993 ouvrages ont été expertisés. Le calcul des surfaces en eau de chaque tronçon interbarrage permet de convertir les densités en effectifs. Un facteur de 3.9 existe entre les effectifs de 1980 et les effectifs de 2004. L'utilisation de ces résultats pour définir des objectifs de gestion par bassin versant est discutée. Les validations et le passage à une cible en biomasse par modélisation du sexe ratio sont envisagés. L'utilisation de ce modèle comme indicateur d'évaluation de l'impact des barrages sur une cible équivalente au %SPR appliquée à l'habitat est également discutée.

Mots-clés : *anguilla anguilla*, anguilles jaunes, densité pristine, modèle GAM, bassin versant

Abstract – The European Council Regulation for the recovery of the stock of European eel sets as a long term objective to permit the escapement to the sea of at least 40% of the biomass of silver eel produced without anthropogenic impact and in an unconstrained habitat. We developed a model to simulate the effect of obstructions and recruitment decline on yellow eel densities

Our model is based on models GAM. It adjusts the densities of 586 electro fishing, distributed on 374 stations and 13 catchments in Brittany (France). The sampling took place between 1978 and 2005. The principal factors taken in the estimate of the densities are factors of habitat, the method of fishing, and the impact of the obstructions downstream. The results obtained on 523 obstructions located downstream from the stations of fishing, having allowed the simulation of 9 200 crossings of obstacles enable to specify the criteria of franchissability. The latter include the slope, roughness, the shape of the banks and the height. The existence of a easier way of passage is not retained in the analysis.

The model is used to predict in 1980 and 2004 the densities on the whole of Brittany where 1993 obstructions were appraised. The calculation of the water areas of each section inter-obstruction enable to convert the densities into strength. A factor of 3.9 exists between strength of 1980 and 2004. The use of these results to define the objectives of management per catchments area is discussed. The validations and the passage to a target in biomass by modelling of the sex ratios are considered. The use of this model as indicator to evaluate the impact of the obstructions on a target equivalent to the %SPR applied to the habitat is also discussed.

Key word: *anguilla anguilla*, yellow eel, pristine condition, density, GAM model, catchments

ACRONYMES

ACFM : Advisory Committee on Fisheries Management
BDMAP : Base de Données sur les Milieux Aquatiques et les Poissons
BMI : Brigade Mobile d'Intervention
CCE: Commission au Conseil Européen
CEMAGREF : Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts
CIEM: Conseil International pour l'Exploration de la Mer
COGEPOMI : COmité de GEstion des POissons MIgrateurs
CSP: Conseil Supérieur de la Pêche
DCE : Directive Cadre européenne sur l'Eau
DDAF : Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
DIREN : Direction Régionale de l'ENvironnement
DR : Délégation Régionale
EIFAC: European Inland Fisheries Advisory Commission
FEDER : Fond Européen pour le DEveloppement Régional
GRISAM : GRoupement d'Intérêt Scientifique sur les poissons migrateurs AMphihalins
IAV: Institut d'Aménagement de la Vilaine
ICES: International Council for the Exploration of the Sea (= CIEM)
IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER
INDICANG : réseau INDICateurs d'abondance et de colonisation sur l'ANGuille européenne
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
MEDD : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
ONEMA: Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
REH : Réseau d'Evaluation des Habitats
RHP : Réseau Hydrobiologique et Piscicole
ROM : Réseau d'Observation des Milieux
UNCLOS : Convention des Nations Unies sur les droits de la mer
WGEEEL: Working Group of EEL (=ICES)

GLOSSAIRE

Amphihalin : Poisson vivant alternativement en eau douce et en eau de mer.
Densité pristine : Densité faisant à une situation de référence sans impacts anthropiques, observée avant la période de décroissance du stock d'anguilles .
Dévalaison : Action pour un poisson migrateur de descendre un cours d'eau pour retourner dans un lieu nécessaire à son développement (lieu de reproduction ou de développement).
Montaison : Action de remonter un cours d'eau pour un poisson migrateur afin de rejoindre son lieu de reproduction ou de développement.
Panmictique : Individus se reproduisant aléatoirement au sein d'un même ensemble.
Recrutement fluvial : Fraction du recrutement total qui va sortir de la zone d'influence de la marée dynamique déterminée par la mortalité naturelle, la sédentarisation de certains individus en zones soumises à marée et en zones humides littorales, prélèvements par pêche et autres mortalités d'origine anthropique (RIGAUD, 2007b).
Semelpare : Tous les géniteurs meurent après la reproduction.
Thalassotoque : Qualifie un poisson migrateur (= diadrome) qui se reproduit en mer comme l'anguille (= catadrome).
Ubiquiste : Qualifie une espèce capable de s'installer dans des biotopes très divers.

PREAMBULE

Nous avons travaillé à la mise au point d'un indicateur dont l'objectif est d'obtenir une évaluation standardisée de l'impact des obstacles migratoires à la montée et à la descente pour le stade anguille jaune. En raison du temps passé à la création de la base de données sous PostgreSQL, de la programmation et au traitement statistique sous le logiciel R sur l'indicateur de montaison, l'impact des obstacles migratoires à la descente n'a pas pu être étudié d'autant plus que les données concernant les turbines n'ont pas encore été collectées auprès des propriétaires. Néanmoins, le passage des géniteurs dans les turbines lors de la migration de dévalaison induit une forte mortalité et rompt la dynamique de migration vers la mer (FEUNTEUN E. *et al.*, 1998; FEUNTEUN E. *et al.*, 2000). Le passage dans les turbines hydrauliques soumet l'anguille à diverses contraintes susceptibles d'entraîner des mortalités importantes : risques de chocs contre les parties fixes ou mobiles de la turbine, accélération et décélération brutales, variations très brutales de pression (LARINIER *et al.*). La nécessité de travailler sur les mortalités d'anguilles argentées liées aux turbines paraît indispensable d'autant plus que la Directive Energie 2001 donne comme objectif de 20 % d'énergie renouvelable d'ici 2021.

La programmation et le traitement statistique sur le logiciel R ont été réalisés avec la participation de Cédric BRIAND. La recherche d'un indicateur à la montaison est passée par la création d'un programme complexe sous R afin d'effectuer des requêtes des données de pêches électriques sous la base BDMAP (Base de Données des Milieux Aquatiques et des Poissons) de l'ONEMA et des notes de barrages sous la base PostgreSQL.

La phase de terrain s'est résumée à compléter les grilles de notation « anguilles » proposée par Pierre STEINBACH sur les obstacles sans information situés à l'aval des stations RHP. Les visites « terrain » ont été effectuées avec les techniciens et les ingénieurs de l'ONEMA qui m'ont accompagné sur le terrain.

L'amélioration de la base « obstacle » de l'ONEMA a été effectuée conjointement par Pierre-Marie CHAPON et moi-même.

CHAPITRE I : INTRODUCTION

Depuis plusieurs décennies, l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) présente de nombreux signes de régression de son abondance aux trois stades continentaux de son cycle biologique, déclin plus ou moins précoce et prononcé selon les zones de son aire de répartition (MORIARTY et DEKKER, 1997). Les causes du déclin de l'anguille sont encore mal connues qu'elles soient naturelles ou anthropogéniques. Le nombre de facteurs potentiels qui peuvent contribuer au déclin sont la perte et l'altération des habitats, les conditions océaniques, la surpêche, le parasitisme, la pollution, la mortalité liée aux turbines et les barrières à la migration (HARO *et al.*, 2000). Selon une estimation d'experts, environ 7 à 25 % de l'aire de répartition potentielle de l'anguille serait rendue inaccessible par un barrage infranchissable en Europe. Ces barrages constituent une priorité au niveau de l'aménagement en vue de la restauration de la libre circulation (MORIARTY et DEKKER, 1997).

C'est dans ce cadre que la Commission européenne a proposé en 2005 un Règlement instituant des mesures pour la reconstitution du stock d'anguille européenne (CCE, 2007). Le Règlement du Conseil européen a été approuvé le 11 juin 2007 et précise que *l'objectif de chaque Plan de Gestion Anguille sera de réduire la mortalité d'origine anthropique et d'atteindre 40 % d'échappement vers la mer de la biomasse d'anguille argentée, cela en fonction de la meilleure estimation sur le taux d'échappement qui aurait existé si aucune influence anthropique n'avait eu d'impact sur le stock*. Dans ce cadre, pour atteindre cette cible de 40 % dans chaque bassin versant français, l'état de référence défini est donné par la densité pristine¹ de géniteurs.

Le GRoupement d'Intérêt Scientifique sur les poissons migrateurs Amphihalins (GRISAM²) a été sollicité par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et par la direction de l'eau du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD) pour contribuer à la définition des Plans de Gestion Anguille dans les bassins versants français (BRIAND *et al.*, 2006b). Le développement d'un indicateur pour caractériser l'impact des

¹ Les mots soulignés sont définis dans le glossaire page 3

² Les acronymes sont définis page 3

obstacles migratoire à la montée sur le stock d'anguille européenne à l'échelle des bassins fait partie des préconisations du Groupe « Anguille » du GRISAM.

C'est dans ce cadre que l'Institution d'Aménagement de la Vilaine (IAV) et que l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) ont travaillé conjointement afin de développer un indicateur permettant de caractériser l'impact migratoire sur le stock d'anguille européenne à la montée.

L'objectif principal du sujet de ce stage est de développer des modèles pour permettre de simuler l'effet des obstacles et de la baisse du recrutement sur les densités et les effectifs en anguilles jaunes. Ces modèles doivent permettre de prédire les densités sur les bassins versants en l'absence de barrages et de prédire quel était le stock en place dans les années 1970-1980 c'est-à-dire avant que la chute du recrutement n'ait un effet sur le stock en place. La définition de cet indicateur passe par la mise en commun des données piscicoles (données de pêches électriques réalisées par l'ONEMA et l'IAV, extraites de la Base de Données sur les Milieux Aquatiques et les Poissons BDMAP de l'ONEMA) et des données sur les obstacles à la migration.

La première partie de ce mémoire technique consiste à présenter les deux structures d'accueil de manière succincte. Dans une deuxième partie, il sera développé le cadre de l'étude avec une présentation du contexte politique à l'échelle européenne, nationale et régionale, un bilan des connaissances sur l'anguille européenne et les objectifs de l'étude. Il sera ensuite développé la méthode utilisée pour définir l'indicateur puis les résultats et la discussion.

CHAPITRE II : LES STRUCTURES D'ACCUEIL

II.1. L'Institut d'Aménagement de la Vilaine (IAV)

L'Institution d'Aménagement de la Vilaine (IAV) a été créée en 1961 pour contribuer à la mise en œuvre d'une "politique d'aménagement intégrée" sur le bassin de la Vilaine. Cet établissement joue un rôle important de coordination en ce qui concerne la gestion des différents usages de l'eau au niveau du bassin versant de la Vilaine (limiter l'intrusion de la marée, lutter contre les inondations, lutter contre les problèmes d'étiage, gestion des niveaux d'eau dans les marais, gestion de l'eau potable, gestion de voies navigables...). L'IAV a été désigné pour porter et animer la Commission Locale de l'Eau (CLE) en 1997. L'IAV possède plusieurs services dont le service Milieu Aquatique Poissons Migrateurs, coordonné par Cédric BRIAND. Le service « Migrateurs » a en charge le suivi de la migration des poissons sur les passes à poissons d'Arzal, le suivi du recrutement de la civelle dans l'estuaire de la Vilaine mais travaille aussi avec de nombreux scientifiques sur le cas de l'anguille européenne. Cédric BRIAND est co-secrétaire du GRISAM dont la mission première est de formuler des avis scientifiques homogènes sur l'état des stocks des amphihalins

II.2. L'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

L'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) est un établissement public de l'Etat à caractère administratif, qui se substitue au Conseil Supérieur de la Pêche (CSP) et qui est placé sous la tutelle du MEDD. Les missions confiées à l'ONEMA répondent à plusieurs fonctions : mener et soutenir des actions destinées à favoriser une gestion globale, durable et équilibrée de la ressource en eau, des écosystèmes aquatiques, de la pêche et du patrimoine piscicole ; participer à la connaissance, la protection et la surveillance des espèces et de ses habitats et contribuer à la prévention des inondations ; apporter son appui aux services de l'Etat, aux agences de l'eau et aux offices de l'eau ; assurer la mise en place et la coordination technique d'un système d'information ; conduire ou soutenir des programmes de recherche et d'études et, mener et soutenir des actions nationales de communication et de formation. La Délégation Régionale Bretagne, Basse-Normandie réalise entre autre, diverses études techniques notamment dans le domaine des poissons migrateurs.

CHAPITRE III : LE CADRE DE L'ETUDE

III.1. Le contexte politique

III.1.1. Le contexte européen

Les préoccupations concernant la préservation de l'anguille européenne se sont faites croissantes ces dernières années et la nécessité des mesures de préservation et de gestion a été clairement mise en évidence par les scientifiques, les gestionnaires et même par le grand public. Le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) recommandait, dans son rapport d'octobre 2002, l'adoption d'urgence d'un programme de reconstitution des stocks d'anguille européenne (CCE, 2003). Ainsi, le parlement européen a adopté en novembre 2005 une résolution conviant la Direction des Pêches de la Commission européenne à présenter un Règlement pour la reconstitution de l'anguille européenne. Le 6 octobre 2005, la Commission a proposé un Règlement qui a ensuite été adopté (CCE, 2007) (Annexe I). L'article 2 précise que *l'objectif de chaque Plan de Gestion Anguille sera de réduire la mortalité d'origine anthropique et d'atteindre 40% d'échappement vers la mer de la biomasse d'anguille argentée, cela en fonction de la meilleure estimation sur le taux d'échappement qui aurait existé si aucune influence anthropique n'avait eu d'impact sur le stock*. L'article 3 et 4 précisent que *tous les Etats membres devront présenter leurs Plans de Gestion Anguille à la Commission au plus tard le 31 décembre 2008 pour une mise en œuvre à partir du 1 juillet 2009, ou dans les plus brefs délais avant cette date*. L'objectif de cette proposition est la gestion durable de l'anguille européenne ramenant la biomasse du stock d'anguille européenne à ses niveaux historiques et à permettre la migration des civelles. Cet objectif de gestion durable est traduit par la commission en une cible en biomasse locale, soit 40 % de la biomasse de géniteurs produite par bassin versant dans un environnement et un habitat pristine. L'évaluation directe de cette biomasse n'est possible que dans de rares cas. La plupart du temps, elle se base sur les anguilles jaunes en place dans le bassin (BRIAND *et al.*, 2006b).

La Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) (Directive 2000/60/CEE) a renforcé la coordination internationale en matière de bassins fluviaux transfrontaliers :

- En envisageant la possibilité d'inclure les espèces migratrices dans les indicateurs de « bon état écologique », au regard de la « continuité fluviale » ;
- En améliorant la « continuité fluviale » par des programmes de mesures ;

- En améliorant la circulation des informations à l'échelle des bassins fluviaux en ce qui concerne les obstacles à la migration des anguilles.

La DCE représente un outil pour promouvoir la restauration des habitats colonisés par l'anguille au regard de la « continuité fluviale » et de la qualité des milieux (CCE, 2003).

L'Europe et les partenaires de l'Arc Atlantique participent au programme européen intitulé « Mise en place d'un réseau d'INDICateurs d'abondance et de colonisation sur l'ANGuille européenne dans la partie centrale de son aire de répartition » (INDICANG), conduit au titre du Programme d'Initiative Communautaire FEDER / INTERREG III B « ESPACE ATLANTIQUE » (MUCHIUT, 2005). L'un des objectifs principaux de ce projet est la définition d'indicateurs d'abondance des divers stades biologiques de l'anguille et de descripteurs des contextes d'exploitation et d'habitats dans lesquels elle évolue. Il s'agit d'un projet de valorisation des savoirs et de transfert des connaissances entre les différents acteurs concernés par cette ressource. Il met en place les bases pour élaborer, de manière participative et transparente, les éléments des plans de gestion qui permettront de restaurer cette ressource.

III.1.2. Le contexte national : le GRISAM

Le GRoupement d'Intérêt Scientifique sur les poissons migrateurs AMphihalins (GRISAM) est une structure nationale, née au début des années 1990 de la volonté de quatre organismes publics de recherche ou de gestion (CEMAGREF, INRA, IFREMER, ONEMA) de fédérer et d'organiser les recherches sur les amphihalins à un niveau national. Le GRISAM a pour vocation de promouvoir la collaboration et la concertation entre organismes, laboratoires et/ou équipes de recherche et de formuler des avis scientifiques homogènes sur l'état des stocks des amphihalins (BRIAND *et al.*, 2006b). Le GRISAM occupe une place centrale dans la réflexion sur la préservation du stock d'anguilles européennes dans la mesure où il a été sollicité par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et par la direction de l'eau du MEDD pour contribuer à la définition des Plans de Gestion évoqués pour la reconstitution du stock. Le GRISAM souhaite insister sur l'importance d'aborder la gestion de l'anguille européenne de manière coordonnée à l'échelle nationale. Il lui paraît important de présenter les outils et méthodes d'aide à la décision à l'élaboration des plans et des actions de gestion. Il a ainsi semblé intéressant et pertinent de réfléchir à un cadre théorique adaptable à des situations très diverses pouvant être rencontrées. Pour des raisons d'efficacité dans la gestion, le GRISAM propose ainsi de

développer un plan de gestion sur la base d'indicateurs permettant de mesurer les impacts anthropiques, d'évaluer l'état du stock et son évolution (BRIAND *et al.*, 2006b).

III.1.3. Le contexte régional

La mise en place de la DCE a engendré des réflexions sur la qualité hydromorphologique et la continuité piscicole des masses d'eau.

L'ONEMA a ainsi commencé en 2004 un recensement de tous les ouvrages hydrauliques de la Bretagne et Basse-Normandie afin de constituer une base de données permettant d'évaluer l'impact des ouvrages sur les poissons migrateurs. Un second travail a été réalisé en 2005 qui a consisté à montrer l'impact des obstacles sur l'anguille européenne, espèce en déclin depuis de nombreuses années et dont une des causes serait les obstacles à la migration (DAGREVE, 2005). Ce travail s'est inspiré du travail de Pierre STEINBACH sur les grands axes du bassin de la Loire qui a consisté à réaliser le recensement des ouvrages et l'évaluation de la franchissabilité de chacun d'entre eux par l'anguille - évaluation réalisée à l'aide d'une grille de notation des obstacles proposé par STEINBACH- (STEINBACH, 2002). Quant au service Poissons Migrateurs de l'Institut d'Aménagement de la Vilaine (IAV), il a réalisé en 2003 une étude sur l'état de la circulation des poissons migrateurs sur la Vilaine (FUENTES, 2003) dans le cadre du Contrat de Plan Etat-Région 2000-2006 en partenariat avec la Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques d'Ille-et-Vilaine. En parallèle, la Région Bretagne s'est engagée depuis quelques années dans une série d'actions pour préserver les populations de « grands migrateurs ». Ce programme intitulé « Contrat Retour aux Sources » (Contrat de Plan Etat-Région) regroupe l'ensemble des actions destinées aux ressources piscicoles et a permis de financer de nombreuses actions, majoritairement en faveur du saumon et de l'anguille. Le Contrat de Plan Etat Région 2007-2013 sera approuvé très prochainement. Il intègre un ensemble d'actions prenant en compte les poissons migrateurs amphihalins dont l'anguille ; les principaux thèmes d'actions retenus concernant l'anguille sont les suivants :

- Mettre en place un tableau de bord sur l'anguille en Bretagne ;
- Améliorer l'état de la population d'anguilles : Diminuer les prélèvements par pêche,
- Restaurer la libre circulation à la montaison et restaurer la libre circulation à la dévalaison.

Il est ainsi stipulé dans le Contrat qu'une *analyse à l'échelle de la Bretagne de l'impact des ouvrages actuels par rapport à une situation de référence sans barrages* devra être

réalisée. Il est également cité que cette analyse *permettra de mesurer la situation des différents bassins versants par rapport à une cible mesurant le renouvellement des générations, et d'évaluer le gain apporté par l'aménagement d'un ouvrage.*

Le COmité de GEstion des POissons MIgrateurs (COGEPOMI) pour les cours d'eau bretons souligne que des mesures d'urgence doivent être mise en place visant à augmenter l'échappement des géniteurs en quantité et en qualité. Ces mesures d'urgence doivent viser entre autre à réduire les autres causes de mortalité que les pêches à la civelle, notamment celles liées aux obstacles à la migration, aux pertes d'habitats et au fonctionnement des turbines. Le COGEPOMI donne l'objectif d'équiper les obstacles majeurs de manière à permettre l'accès à au moins 50 % de la surface du bassin (COGEPOMI, 2004).

Ainsi, cette étude s'intègre parfaitement aux objectifs définis dans le contrat de plans Etat/Région 2007-2013. En effet, elle représente un outil d'aide à la décision qui doit permettre de définir les grands secteurs prioritaires où il faudra intervenir. Il semble ainsi intéressant d'évaluer l'impact de chacun des ouvrages et sur chaque zone hydrographique pour prioriser les actions à mener en terme d'impact à la migration.

Synthèse du cadre politique

Cette étude se place à la fois dans un contexte européen, national et régional. La DCE a permis de faire évoluer les réflexions sur l'hydromorphologie en mettant l'accent sur les problèmes de continuité biologique. La direction des pêches de la Commission européenne donne pour objectif de ramener la biomasse du stock de géniteurs d'anguille européenne à ses niveaux historiques (1980). Pour cela, le GRISAM s'est proposé de développer des indicateurs permettant de cibler les actions sur les secteurs les plus impactants quant à la présence d'obstacles à la migration des anguilles. De plus, le Contrat de Plan Etat/Région, en cours d'approbation, préconise la réalisation d'une étude permettant d'évaluer l'impact des ouvrages sur le stock d'anguille à la montaison. L'ONEMA (DR Bretagne Basse-Normandie) et l'IAV ont ainsi travaillé conjointement afin de développer un indicateur permettant de caractériser l'impact migratoire sur le stock d'anguille européenne à la montée.

III.2. Présentation de l'anguille européenne

III.2.1. Présentation générale

L'anguille européenne fait partie de la famille des Anguillidés dont elle constitue le genre unique *Anguilla*. C'est un poisson au corps serpentiforme doté de nageoires pectorales le long du corps. Son corps est cylindrique dans sa partie inférieure et aplati latéralement dans la région caudale. L'anguille européenne est l'une des cinq espèces d'anguilles recensées dans les régions tempérées et subtropicales (EGE, 1939). Son aire de répartition s'étend largement en Europe. C'est le seul grand migrateur amphihalin et thalassotoque européen. C'est une espèce panmictique (SCHMIDT, 1922) et semelpare (FONTAINE *et al.*, 1982). Les anguilles sont des espèces opportunistes et ubiquistes. En effet, elles sont capables d'exploiter et de s'adapter à tous les habitats aquatiques accessibles (HELFMAN *et al.*, 1987; JELLYMAN, 1989; MORIARTY et DEKKER, 1997).

III.2.2. Cycle biologique

Le cycle vital de l'anguille est long et complexe et est encore caractérisé par de nombreuses zones d'ombre. Par exemple, la reproduction naturelle n'a jamais été observée et aucun œuf ou adulte n'ont été capturés dans l'aire de fraie présumée (NILO et FORTIN, 2001). Six stades sont identifiés dans le cycle de l'anguille (**Figure 1**). Quatre principaux distinguent l'œuf, la larve leptocéphale, l'anguille jaune et le géniteur. Deux stades intermédiaires correspondent aux deux métamorphoses, d'une part la civelle entre la leptocéphale et l'anguille jaune et d'autre part l'anguille argentée entre l'anguille jaune et le géniteur. La reproduction de l'anguille européenne a lieu au printemps près des côtes du continent Nord Américain en mer des Sargasses (SCHMIDT, 1906). A l'éclosion, les larves de forme plate (leptocéphales) sont entraînées par les courants chauds de l'Océan Atlantique (courant du Gulf Stream) et abordent les côtes européennes après une migration de 7 à 11 mois et de près de 6 000 km. Aux abords du plateau continental et dans les estuaires, les leptocéphales se métamorphosent en civelles (anguilles non pigmentées). Le corps passe d'une forme en feuille de saule à une forme cylindrique en section transversale. Les civelles progressent dans les estuaires en se laissant porter par le courant (migration portée). Ensuite, commence la phase de migration nagée. Les civelles devenues anguilles jaunes colonisent tous les milieux aquatiques continentaux accessibles pour y effectuer leur croissance. Afin de poursuivre leur progression, les jeunes anguilles doivent

nager contre les courants fluviaux. A ce stade, le moindre obstacle induit un très fort retard dans leur migration et augmente le taux de prédation du fait d'une forte concentration au pied des ouvrages. C'est pourquoi une faible proportion survit à ce stade.

Les anguillettes ayant survécu continuent leur progression vers l'amont et se répartissent sur l'ensemble du bassin versant. Elles resteront en eau douce jusqu'à leur maturation sexuelle. La maturation sexuelle survient à une taille de l'ordre de 35 cm pour les mâles et de 45 cm pour les femelles. Les mâles restent en majorité de 3 à 8 ans dans les eaux continentales, de 5 à 12 ans pour les femelles. A la fin de la phase de croissance, l'anguille sédentaire dite « jaune » se métamorphose en anguille argentée. On constate alors nombreux changements physiologiques et morphologiques. Les taux de graisse augmentent, le dos noircit, la tête et les nageoires s'allongent, les yeux grandissent et la pigmentation rétinienne évolue pour devenir efficace dans les luminosités restreintes. La dévalaison intervient lors du rafraîchissement des eaux (9°C) et à l'occasion d'un mouvement d'eau. A l'automne, lors des premières crues, les anguilles argentées regagnent la mer des Sargasses pour s'y reproduire en se laissant porter par le courant. On suppose que les anguilles partent en profondeur vers l'ouest.

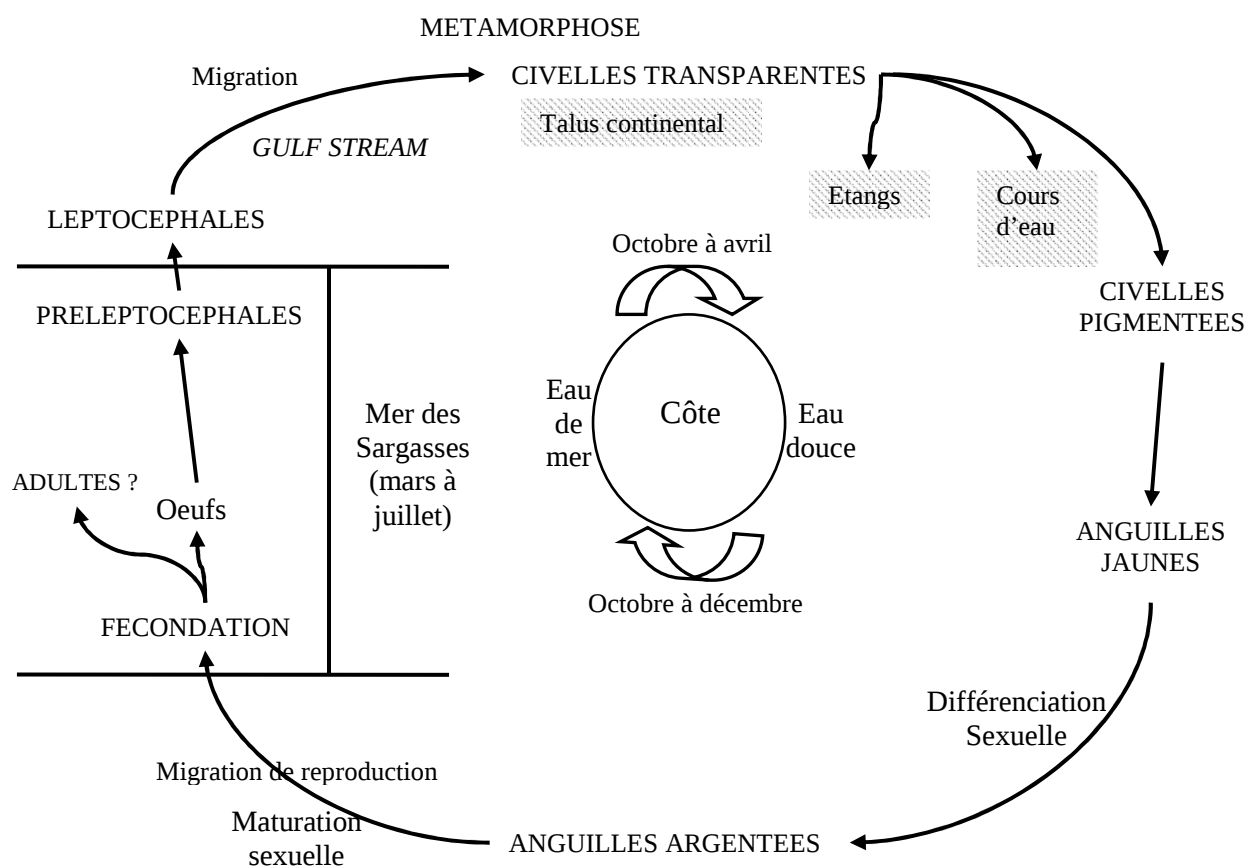


Figure 1 : Cycle biologique de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) proposé par le groupe national anguille français

III.2.3. Distribution spatiale de l'anguille dans le bassin versant

Une diminution graduelle des densités d'anguille s'observe dès les portions médianes des cours d'eau. De nombreux facteurs peuvent être évoqués pour expliquer l'hétérogénéité de la distribution du peuplement piscicole (LEGAULT A., J.P. PORCHER, 1989).

La distance et le degré de difficulté de migration déterminent les classes d'âge qui seront recrutées dans les aires de répartition (APRAHAMIAN, 1988). D'autres facteurs importants dans la détermination du taux de migration et de la structure des âges sont la production d'habitats, en particulier la capacité de nourritures et de refuges (APRAHAMIAN, 1988).

La structure d'âge de la population d'anguilles pourrait être expliqué par :

- L'immigration graduelle (SLOANE, 1984; MORIARTY, 1986) ;
- La ségrégation des habitats (SLOANE, 1984) ;
- Le cannibalisme lorsque la densité de population est forte (SINHA et JONES, 1967) ;
- La sélectivité de la méthode d'échantillonnage (APRAHAMIAN, 1986) ;
- La fluctuation du niveau de recrutement ;
- Et l'exploitation de civelles.

III.2.3.1. En fonction de la distance à la marée dynamique

On observe une diminution de la densité des anguilles jaunes et argentées de l'aval vers l'amont des cours d'eau, en fonction de l'éloignement à la mer (ELIE et RIGAUD, 1984; SLOANE, 1984; LEGAULT A., J.P. PORCHER, 1989; NAISMITH et KNIGHTS, 1992; CHANCEREL, 1994; LOBÓN-CERVIÁ *et al.*, 1995; SMOGOR *et al.*, 1995). La diminution de l'abondance est souvent observée dans les longues rivières (ELIE et RIGAUD, 1984; TZENG *et al.*, 1995; DAGREVE, 2005). Au bilan, actuellement, les données disponibles font apparaître une diminution rapide du niveau d'abondance de l'espèce sur les 80 à 100 premiers km à partir de la limite de marée dynamique dans une grande majorité des situations.

En même temps, on observe une augmentation du poids, de la taille et de l'âge avec la distance à la mer (APRAHAMIAN, 1988; NAISMITH et KNIGHTS, 1988) des individus. Les femelles sont en plus grande production vers l'amont des bassins : celle-ci a en effet une longévité et une croissance supérieure aux mâles (PORCHER, 1992). La présence significative de ces femelles de grands gabarits (taille supérieure à 70 cm) apparaît très liée

à l'existence de milieux profonds (BRIAND *et al.*, 2006b). Quant aux mâles, ils sont réputés apparaître dans les zones densément peuplées et donc proches de la mer (BRIAND *et al.*, 2006b).

III.2.3.2. En fonction du niveau typologique

L'intervention du niveau typologique parmi les facteurs explicatifs de la distribution des densités d'anguilles est révélatrice de l'influence du gradient amont-aval et donc de l'importance de l'habitat (OBERDORFF *et al.*, 2001; BAISEZ, 2002). Le niveau typologique des rivières explique 15 % de la densité d'anguilles européennes sur les cours d'eau bretons (DAGREVE, 2005).

III.2.3.3. Densité – dépendance

Les anguilles colonisent le bassin versant par diffusion de l'aval vers l'amont en laissant la place aux plus jeunes (IBBOTSON *et al.*, 2002). (MORIARTY, 1986) a suggéré un effet de « densité dépendance » qui révèle une relation entre la densité d'anguille américaines et les habitats disponibles. L'anguille colonise d'abord l'aval du bassin versant et ne remonte vers l'amont que lorsque les densités aval sont trop importantes, en partie pour éviter les risques de compétition. Les facteurs de densité dépendance dépendent de la température (VØLLESTAD et JONSSON, 1988; WHITE et KNIGHTS, 1997), des difficultés de migration (APRAHAMIAN, 1988) et de la qualité des habitats (SMOGOR *et al.*, 1995). La colonisation des eaux continentales par les anguilles est le résultat d'une interaction complexe entre la température et les difficultés de migration (IBBOTSON *et al.*, 2002). La mortalité naturelle peut être accentuée par un facteur « densité dépendance », pour les anguilles concentrées dans les zones aval par des obstacles à la migration (VØLLESTAD et JONSSON, 1988; LEGAULT A., 1994).

Concernant le sexe ratio de l'anguille européenne, il est admis qu'à l'échelle du réseau hydrographique, le déterminisme du sexe est fonction de la densité avec un sexe ratio en faveur des femelles dans les milieux faiblement peuplés (PARSONS *et al.*, 1977; VØLLESTAD et JONSSON, 1988; DE LEO et GATTO, 1996) Toutefois, cette règle n'est pas toujours vérifiée et d'autres facteurs, comme la nature de l'habitat (OLIVEIRA *et al.*, 2001) peut également jouer un rôle.

III.2.3.4. En fonction des obstacles

La répartition classique de la population en fonction de la distance à la mer est souvent perturbée par la présence d'obstacles plus ou moins franchissables lors de la migration de colonisation (FEUNTEUN E. *et al.*, 1998; LAFFAILLE *et al.*, 2003a). Ces obstacles retardent la colonisation, et constituent de ce fait un facteur important sur la distribution en anguilles (FEUNTEUN E. *et al.*, 1998).

Ils exercent un effet plus important que la distance à la mer sur la densité d'anguilles européennes et sur la composition des âges de la population du bassin versant (WHITE et KNIGHTS, 1997; BRIAND *et al.*, 2005).

Le cumul de l'impact des obstacles explique 59 % de la densité d'anguilles européennes sur les cours d'eau bretons (DAGREVE, 2005). Ces obstacles induisent en effet des blocages totaux ou des retards successifs à la montée sur un axe se traduisant par un déficit de présence de l'espèce dans les secteurs amont (BRIAND *et al.*, 2006b). De ce fait, les barrages ont rendu inaccessible 7 % à 25 % de l'aire de répartition potentielle de l'anguille (MORIARTY et DEKKER, 1997).

(OBERDORFF *et al.*, 2001) a montré que la probabilité d'observer une anguille sur une station est influencé par l'éloignement de la source, par le nombre et la transparence des obstacles situés en aval de la station mais aussi par son altitude et par la surface du bassin versant situé en amont.

III.2.4. Situation alarmante des stocks d'anguille

L'anguille est le poisson le plus important en terme d'abondance en Bretagne. Elle représentait à elle seule la moitié de la biomasse des cours d'eau bretons (LEGAULT A., J.P. PORCHER, 1989). Néanmoins, la diminution de l'abondance de l'anguille européenne est avérée dans les cours d'eau français (BRUSLÉ, 1990; CHANCEREL, 1994) et se généralise à l'échelle de l'Europe (MORIARTY *et al.*, 1990; MORIARTY et DEKKER, 1997; DEKKER, 1998; DEKKER, 2000; DEKKER, 2001, in press). En effet, la baisse du recrutement a commencé dès les années 1970 et des alertes claires sur la dégradation de l'état de l'espèce et de ses habitats ont été donnés dès 1984 dans le cadre du premier groupe nationale anguille (BRIAND *et al.*, 2006b).

Un minimum historique a été enregistré en 2001 (ACFM, 2002; ICES, 2002). Cette raréfaction a conduit à considérer cette espèce comme en dehors de ses limites de sécurité biologique et les activités de pêche associées comme non durables (ICES, 1999).

De nombreuses causes potentielles peuvent être citées sur la diminution des stocks d'anguilles (MORIARTY, 1986; BRUSLÉ, 1994; CASTONGUAY *et al.*, 1994; HARO *et al.*, 2000; FEUNTEUN E., 2002; ICES, 2003; STARKIE, 2003).

Des **causes naturelles** sont mises en avant.

- Le changement climatique en provoquant une déviation du courant de Gulf Stream (WHITE et KNIGHTS, 1994; KNIGHTS *et al.*, 1996) pourrait avoir causé une diminution des survies larvaires (CASTONGUAY *et al.*, 1994; DÉSAUNAY et GUÉRAULT, 1997; DEKKER, 1998).

Cependant, une analyse de la relation stock / recrutement à l'échelle du stock d'anguille européenne permet de douter que ce facteur puisse être identifié comme une cause de la chute du stock (DEKKER, 2004).

- L'augmentation de la prédation.

Les prédateurs aviaires tels que les cormorans et les hérons sont parfois accusés de participer au déclin de l'anguille. Néanmoins, l'apparition notable de Grands cormorans hivernant en France continentale a débuté dans les années 1980, date postérieure à la diminution des stocks d'anguille ; l'anguille est de plus en plus présente dans le régime alimentaire du cormoran (BAISEZ, 2003).

Certaines **causes anthropiques** sont également susceptibles de diminuer considérablement les populations (BRUSLÉ, 1994; KNIGHTS *et al.*, 1996; MORIARTY et DEKKER, 1997; DEKKER, 1998; FEUNTEUN E., 2002; ROBINET et FEUNTEUN, 2002; LAFFAILLE *et al.*, 2003b; MUCHIUT, 2005).

- L'installation d'obstacles à la migration (HARO *et al.*, 2000).

Les ouvrages sont souvent décrits comme responsables du déclin ou de l'extinction de la population locale en Europe (LEGAULT A., J.P. PORCHER, 1989; FEUNTEUN E., C. RIGAUD, P. ELIE, J.C. LEFEUVRE, 1992; CHANCEREL, 1994; MORIARTY et DEKKER, 1997; FEUNTEUN E. *et al.*, 1998). Les obstructions peuvent réduire plus ou moins complètement la connectivité longitudinale des hydrosystèmes et l'accessibilité aux habitats amont pour les jeunes anguilles qui arrivent de la mer. La présence d'obstacles intervient de manière plus ou moins directe sur les caractéristiques (nombre, sexe ratio) du stock de géniteurs (MORIARTY et DEKKER, 1997; MCCLEAVE J., 2001).

La mortalité indirecte concerne la concentration d'anguilles au pied des obstacles (LAFFAILLE *et al.*, 2003a) avec une prédation qui lui est associée (VOEGTLE et LARINIER, 2000; BRIAND *et al.*, 2006b).

Le passage des géniteurs dans les turbines lors de la migration de dévalaison peut induire une forte mortalité et peut rompre la dynamique de migration vers la mer (FEUNTEUN E. *et al.*, 1998; FEUNTEUN E. *et al.*, 2000). 30 à 70 % des anguilles peuvent être endommagées par les turbines (LARINIER *et al.*).

➤ L'introduction du ver parasite *Anguicolla crassus*.

C'est un parasite nématode introduit en Europe qui se loge dans sa vessie natatoire et cause des mortalités diffuses liées à l'affaiblissement des anguilles. Il pourrait affecter la survie des anguilles jaunes et argentées (KENNEDY et FITCH, 1990). Son développement peut conduire à la destruction de la vessie natatoire et compromettre fortement la capacité de reproduction de l'anguille (KIRK, 2003).

➤ La réduction des habitats disponibles liée aux aménagements des cours d'eau et de leurs annexes hydrauliques (FEUNTEUN E., 2002).

Selon le rapport 2002 du WGEEL (ACFM, 2002), plus de la moitié des zones humides ont disparu, ou ont été fortement dégradées, au cours des 20 dernières années en Europe, zones qui représentent des habitats privilégiés pour l'anguille. Le déclin du stock est synchrone avec la période durant laquelle la dégradation des habitats a été la plus importante (ACFM, 2001).

➤ La dégradation de la qualité de l'eau par l'effet des xénobiotiques (métaux lourds, molécules de synthèse, PolyChloroBiphényle PCB, dioxine, pesticides...).

Ces polluants ont un impact sur le potentiel de reproduction des anguilles, l'éclosion des larves, les capacités migratoires et la résistance au stress (BRUSLÉ, 1990; HODSON *et al.*, 1993; BRUSLÉ, 1994; COUILLARD, 1997; ROBINET et FEUNTEUN, 2002; ICES, 2003).

➤ L'effet direct de la pêche sur les trois stades (civelle, anguille jaune et anguille argentée).

La pêche à la civelle prélevait 97 % des effectifs capturés en Europe en 1993 (ACFM, 1998). L'exploitation des anguilles jaunes réduit le stock local et la production d'anguilles argentées (DEKKER, 2004).

Même si la cause océanique est privilégiée (DÉSAUNAY et GUÉRAULT, 1997; DEKKER, 1998; WESTERBERG, 1998; MCCLEAVE J.D. et ARNOLD, 1999), il ne faut pas négliger les autres facteurs qui, agissant en synergie, amplifient vraisemblablement la diminution d'abondance du stock (CASTONGUAY *et al.*, 1994).

L'anguille a été classée comme vulnérable dans le « livre rouge des espèces menacées de poissons d'eau douce de France » (ICES, 2006). En effet, le niveau actuel du stock de

géniteurs et son incidence possible sur le potentiel de reproduction de l'espèce se traduit par un risque écologique grave d'effondrement complet et irréversible de la ressource.

L'espèce forme une seule population, sa gestion doit donc être envisagée de manière globale à l'échelle européenne et non simplement locale. De plus, elle doit prendre en compte l'importance économique attachée à l'anguille : c'est en effet l'une des rares espèces d'eau douce largement exploitée par la pêche professionnelle.

Synthèse de la présentation de l'anguille européenne

Le déclin de l'anguille européenne (*anguilla anguilla*) est très largement avéré et cela par de nombreux scientifiques. Les causes du déclin de l'anguille européenne se résument à :

- La déviation des courants océaniques ;
- L'introduction du ver parasite *Anguillicola crassus* ;
- La réduction des habitats disponibles liée aux aménagements des cours d'eau et de leurs annexes hydrauliques ;
- La dégradation de la qualité de l'eau par l'effet des xénobiotiques ;
- L'installation d'obstacles à la migration ;
- Le passage des géniteurs dans les turbines ;
- L'effet direct de la pêche sur les trois stades ;
- L'augmentation de la prédation.

La distribution de l'anguille européenne au sein du bassin dépend d'un grand nombre de facteurs naturels et anthropiques :

- La distance à la marée dynamique ;
- L'altitude ;
- Le niveau typologique pouvant être traduit par le gradient longitudinal (fonction de la distance source et de la surface du bassin) ;
- La température ;
- Le nombre et les caractéristiques des obstacles.

Ainsi, la modélisation de la densité d'anguilles dans un bassin doit prendre en compte l'ensemble de ces paramètres qui décrivent la distribution et l'abondance de l'anguille dans une rivière.

III.3. Les objectifs

L'objectif est de définir un indicateur de colonisation qui s'exprime en effectif d'anguilles jaunes par rapport à une situation de référence sans obstacles. L'indicateur est un équivalent % SPR (Spawner Per Recruit ou Géniteur par recrue) qui correspond au nombre d'argentées retournées en mer (géniteurs potentiels en début de phase de maturation) produite par 100 civelles entrées dans le bassin (RIGAUD, 2007b).

L'analyse permettra de répondre aux objectifs suivants :

- Modèle de validation de la grille de notation de franchissabilité des anguilles jaunes sur un obstacle (STEINBACH, 2002).

Les critères les plus impactants sur les densités en anguilles jaunes seront évalués d'après les critères retenus dans la grille de notation proposé par STEINBACH. Le modèle sera calé sur les données de pêches électriques et les données « barrages ».

- Modèle de prédiction des densités d'anguilles en fonction de la note obstacle et des variables du milieu

Il s'agit de développer un modèle pour simuler l'effet des obstacles et la baisse du recrutement sur les densités en anguilles jaunes en fonction de variables qui seront donc explicatives de la répartition des densités en anguilles jaunes dans un bassin.

- Modélisation de la structure en classes de taille des anguilles

La structure en classes de tailles est un élément important d'interprétation d'une population de poissons. Le travail consiste à modéliser la structure des populations en classes de taille sur les bassins, afin de prédire des densités et des effectifs en anguilles par classes de taille.

- Prédiction des densités en conditions pristes

Le modèle théorique permet de prédire les densités sur les bassins versants en l'absence de barrages et de prédire quel était le stock en place dans les années 1970-1980. L'indicateur peut être traduit en nombre en multipliant les densités de population par les surfaces en eau et en cumulant ces effectifs à l'échelle des bassins.

- Elaboration de critères de décision

La modélisation des densités observées en anguilles jaunes va nous permettre d'établir une règle de gestion simplifiée pour atteindre les objectifs fixés par le Règlement européen et pouvant être utilisée pour élaborer un programme d'amélioration de la continuité piscicole pour l'anguille européenne. Cet indicateur permet de faire une première analyse de l'impact des ouvrages.

CHAPITRE IV : METHODE

IV.1. Le territoire d'étude

La Bretagne (**Figure 2**) offre un climat tempéré homogène, des altitudes relativement faibles et des cours d'eau de longueur modérée. Elle possède une densité hydrographique élevée, conséquence d'un climat relativement humide. Peu perméable, le sous-sol favorise le ruissellement de l'eau en surface créant un réseau hydrographique dense. Celui-ci s'étend sur 30 000 km de cours d'eau et se découpe en plus de 550 bassins versants débouchant à la mer. La Bretagne est constituée de nombreux petits fleuves côtiers, celui de la Vilaine est le plus grand d'entre eux dont le bassin occupe un tiers de la Bretagne soit 10400 km². La majorité des cours d'eau bretons sont régulés par les obstacles plus ou moins franchissables par les espèces migratrices limitant ainsi la continuité biologique avec plus de 3 000 ouvrages transversaux sur l'ensemble de la Bretagne. 1 900 de ces obstacles ont déjà été recensés. Une grande majorité de ces ouvrages sont ruinés ou effacés mais certains obstacles peuvent bloquer totalement la colonisation par les espèces migratrices. Ces ouvrages conditionnent la distribution du stock d'anguille européenne sur la plupart du réseau hydrographique.

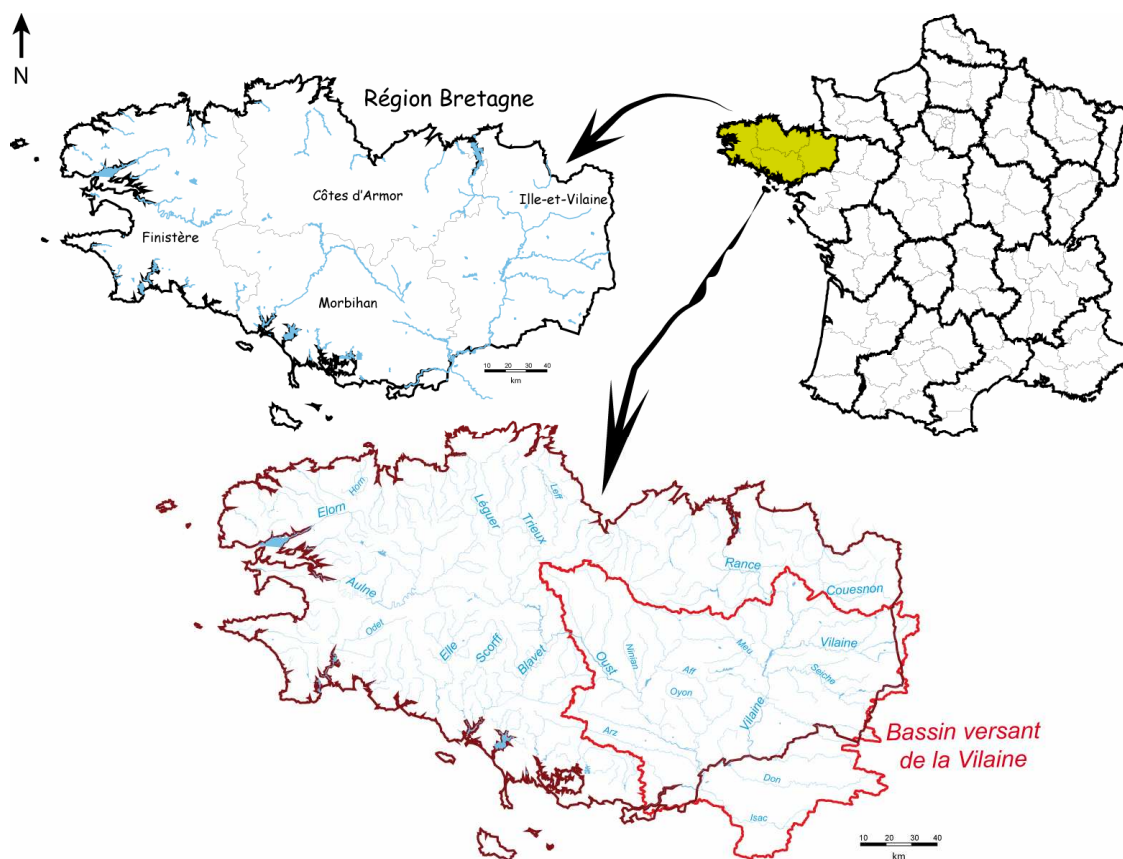


Figure 2: Localisation de la région Bretagne et du bassin versant de la Vilaine

IV.2. Collecte des données

IV.2.1. La base « barrage »

La mise en œuvre d'un tel modèle doit s'appuyer sur le recueil de données terrains fiables pour être en mesure d'évaluer l'impact des ouvrages, données collectées par le personnel technique de l'ONEMA. Une grille a été proposée par STEINBACH (Annexe II) pour aider l'observateur à apprécier l'impact des obstacles sur la franchissabilité de l'anguille en migration « orientée » suivant 6 classes (**Figure 3**) et selon divers paramètres : hauteur de chute, verticalité ou inclinaison des parements aval, lissage ou rugosité des surfaces d'écoulement et d'appui, verticalité ou inclinaison des zones de transition avec la berge et diversité des voies de franchissement possibles (STEINBACH, 2002).

Classe de franchissabilité	Appréciation du franchissement
0	LIBRE CIRCULATION
1	FRANCHISSABLE (sans difficulté apparente)
2	FRANCHISSABLE TEMPORAIREMENT
3	DIFFICILEMENT FRANCHISSABLE
4	TRES DIFFICILEMENT FRANCHISSABLE
5	INFRANCHISSABLE

Figure 3 : Grille d'appréciation de la franchissabilité des ouvrages par l'anguille

La saisie de la base de données « barrage » a été réalisée par les ingénieurs de la DR Bretagne Basse-Normandie sous Excel. Elle recense plus de 1 900 barrages sur l'ensemble de la Bretagne. L'expertise de la franchissabilité de l'anguille a été évaluée sur la moitié des obstacles en Bretagne (Annexe III). Afin de rendre lisible les données « barrage » par le logiciel de programmation R, une nouvelle base de données complexe et robuste sous PostgreSQL a du être créée à l'aide d'un script SQL (Structured Query Language)³ (Annexe IV). Cette base de données relationnelle (**Figure 4**) est composée de plusieurs tables :

- La table de base « t_ouvrage_ouv » ;
- Les tables de jointure qui sont liées à la table de base par une clé primaire « t_denivele_den », « tj_natureouvrage_nao », « tj_ouvrageusage_ouu », « t_passe_passe » et « t_franchisbar_fba » ;
- Les tables relationnelles « tr_nature_nao », « tr_usage_ouu », « tr_typ_passe_typ », « tr_taxon_tax », « tr_typernote_tyn » (Annexe V).

³ SQL est un langage de définition de données, un langage de manipulation de données, et un langage de contrôle de données, pour les bases de données relationnelles.

- La table « t_ouvrage_ouv » renseigne du barrage aval permettant d'effectuer le chaînage entre les obstacles. Cette table contient les données de base sur les barrages (code générique, distances, bassin, cours d'eau...). La colonne « ouv_ouv_id » offre la possibilité d'insérer un barrage « fils » (ouvrage situé sur le bras secondaire, bras le moins attractif pour le poisson).
- Les tables « tj_natureouvrage_nao » et « tj_ouvrageusage_ouu » font le lien entre la table « ouvrage » et les tables relationnelles qui renseignent des possibles valeurs de la nature et de l'usage d'un obstacle (« tr_nature_nao » et « tr_usage_ouu »).
- La table « t_denivele_den » renseigne du dénivelé et du débit au moment de l'expertise.
- La table « t_franchisbar_fba » renseigne des notes de franchissabilité des critères retenus dans la grille de notation de STEINBACH.
- La table « t_passe_passe » renseigne du type de passe à poisson ou de la mesure de gestion. Elle est rattachée aux tables relationnelles « tr_taxon_tax » (nom latin et commun, code SANDRE des taxons) et « tr_typenote_typ » (critère de la grille de STEINBACH).
- Une table « t_bvsansbar_bv » renseigne des caractéristiques des bassins côtiers sans barrages.
- Quatre vues ont été créées afin d'afficher les résultats de requêtes de manière dynamique: « v_ouv_den » qui renseigne sur le dénivelé, « v_ouv_fba » qui donne les caractéristiques de franchissement des ouvrages, « v_ouv_nao » qui donne les natures d'ouvrage et « v_ouv_passe » qui sélectionne, parmi les ouvrages équipés de passe à poissons, ceux dont la note de franchissement donnée lors de l'expertise de terrain est inférieure ou égale à 2.

Cette base de données peut contenir des informations sur les turbines et les conditions de dévalaison des anguilles argentées. La table « t_turbine_turb » renseigne des caractéristiques de la turbine (code turbine, ouvrage, puissance, type de turbine renseigné par la table relationnelle « t_typeturbine_typt »)...). La table « t_devalaison_deval » concerne les ouvrages de dévalaison (ouvrage, existence ou non d'un ouvrage de dévalaison, type de grille...).

Toutes ces tables donnent la possibilité de renseigner une date de début et une date de fin d'expertise.

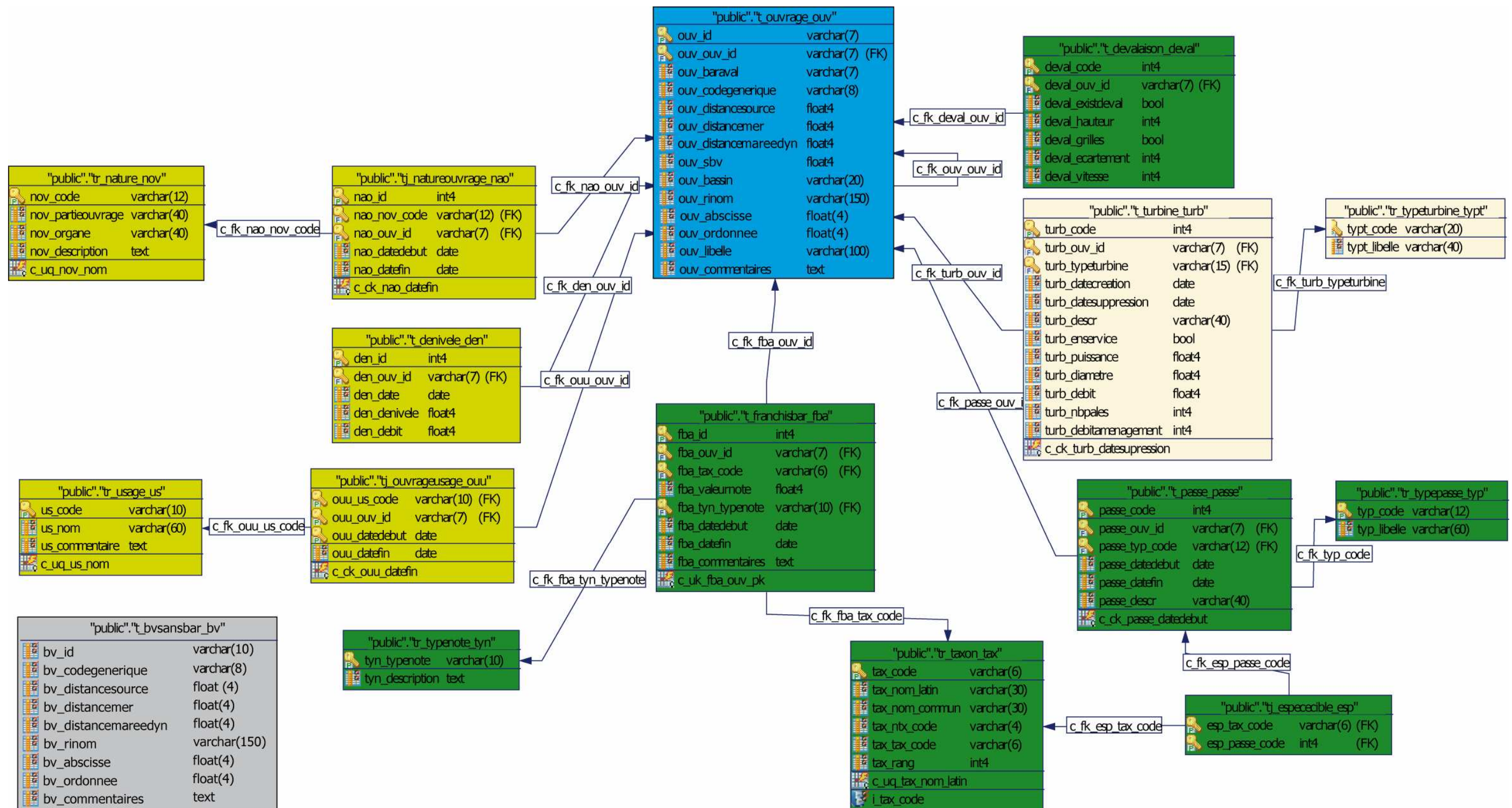


Figure 4 : Schéma de la base de données « migang » sous PostgreSQL

IV.2.2. Les données de pêche électrique

Les données piscicoles sont issues du programme d'inventaire des ressources piscicoles mis en œuvre depuis 1978 par l'ONEMA (Base de Données sur les Milieux Aquatiques et les Poissons BDMAP sous Oracle) et des données piscicoles de l'IAV (pêche indice d'abondance anguille jusqu'en 2005). Les opérations de pêches sur la Sée et l'Orne ont été intégrées afin d'augmenter le jeu de données. L'échantillonnage est effectué par pêche électrique, technique qui présente l'avantage d'être assez peu sélective sur les espèces et de pouvoir contrôler les poissons sans leur causer de dommages (PORCHER, 1992). Les opérations de pêche sont réparties de manière homogène sur l'ensemble de la région Bretagne et les échantillonnages ont lieu tous les ans de 1978 à 2004. La majorité des pêches sont réalisées de début juin à fin septembre lors des périodes d'étiage.

Les mensurations par lots permettent de récupérer les densités par classes de taille de 10 mm et les données par classe de taille sont rassemblées en quatre catégories [0 ;150], [150 ;300], [300 ;450] et [450 ; +∞[. Ces classes correspondent à un changement de comportement (FEUNTEUN E. *et al.*, 2003) bien que de telles divisions soient quelque peu arbitraires et flexibles selon des caractéristiques du bassin (LAFFAILLE *et al.*, 2004a).

La modélisation a été calée sur l'ensemble des pêches électriques réalisées par l'ONEMA et l'IAV afin d'être la plus représentative possible. Toutes les méthodes et les moyens de prospection ont été sélectionnés quel que soit l'objectif de la pêche. Les moyens de prospection sont définis par les pêches à pied, en bateau et mixtes. Les différentes méthodes de prospection de pêches réalisées par l'ONEMA et utilisées dans le modèle sont les suivantes :

- **La pêche complète** « Complète »: Pêche la plus exhaustive avec échantillonnage de toute la surface et à pied.
- **La pêche sur faciès** « Faciès »: Pêche complète à la différence que le poisson est identifié par type de faciès. Elle permet de faire la relation espèces-tailles-stades par rapport aux habitats disponibles.
- **La pêche partielle sur berge** « Berge »: Pêche appliquée aux milieux profonds (pêche en bateau).
- **La pêche par ambiance** « Amb » : Le recueil des données est réalisé par ambiance (surface d'échantillonnage déterminée principalement en fonction du type d'écoulement et de sa position dans l'hydrosystème) en conservant pour chaque poisson l'information sur son appartenance à une ambiance donnée. L'échantillonnage

est stratifié selon les types et l'attraction des habitats et selon le prorata des habitats présents sur le cours d'eau.

- **La pêche indice ponctuel d'abondance anguille** réalisées par l'IAV « ang » sur le bassin de la Vilaine : Réalisées depuis 1998, ce sont des pêches par points avec effort standardisé ; l'effort de pêche dure au moins 30 secondes sur 3 m² (FEUNTEUN E., 1994) et aussi longtemps que des anguilles continuent à sortir de l'eau (comm. pers. BRIAND, 2007). Les stations de pêches sont de largeur et de profondeur faibles (122 m² de surface échantillonnée) (BRIAND *et al.*, 2003). On récupère ainsi la totalité des anguilles présentes sur la surface échantillonnée.

Les données recueillies pour cette étude sont exprimées en effectifs non-estimés ou estimés. L'estimation du peuplement le plus probable (effectif estimé) est calculée par la méthode de CARLE & STRUB. Cette méthode utilise la méthode du maximum de vraisemblance (CARLE et STRUB, 1978) et apparaît comme la plus robuste si on la compare aux autres méthodes d'estimation (GERDEAUX, 1987) puisqu'elle prend en compte la probabilité de capture (RIGAUD, 2007a). Le calcul des densités s'est fait en divisant les données d'effectif par les surfaces échantillonnées.

IV.2.3.Calcul du cumul des notes en aval d'une station de pêche

La modélisation s'est basée sur la réalisation d'une programmation sous le logiciel R afin d'extraire les données piscicoles (densités mesurées lors de pêches électriques) sous BDMAP et les données sur les barrages sous la base PostgreSQL. Le programme R utilise les informations correspondant aux stations de pêche et notamment le code hydrographique pour localiser la station dans le réseau hydrographique, entre autres sa position par rapport aux obstacles ; le programme parcourt ensuite tous les barrages situés à l'aval d'une station de pêche jusqu'à la mer. Il crée ainsi une liste contenant pour chaque nom d'opération de pêche, consistant en un vecteur contenant les noms des ouvrages parcourus jusqu'à la mer, un tableau dont les lignes correspondent aux obstacles et les colonnes aux critères de franchissabilité, à la présence de passe, et au dénivelé. Le troisième élément de la liste est un vecteur correspondant à la somme des notes. Son calcul donne lieu à l'application de filtres permettant la gestion des données manquantes. Dans la liste des barrages situés à l'aval d'une station (« listouvpech »), le seuil de données manquantes (seuil de NA) représente 30 %, c'est à dire que le calcul de la somme des notes en aval n'est effectuée que si 70 % des données sont renseignées, sinon au lieu de la note, on renvoie la valeur « NA ». Lors du traitement des données toute ligne contenant au moins un NA dans une

des colonnes (variables) est écartée de l'analyse. Pour éviter d'avoir un modèle sélectionné qui prenne en compte trop peu de lignes, un deuxième filtre a été mis en place qui exclue les variables avec trop de données manquantes. La programmation permettant de construire le tableau est relativement complexe. L'ensemble des algorithmes de décision est développé en Annexe VI et l'ensemble du programme est présenté en Annexe VII.

IV.2.4. La méthode statistique

Plusieurs types de modèles ont été testés, compte tenu des réponses non linéaires obtenues sur plusieurs facteurs, les analyses sont effectuées avec un Modèle Additif Généralisé (Generalized Additive Model GAM) qui permet d'ajuster les réponses à l'aide de fonctions de lissage. Cette technique a été introduite en écologie par (HASTIE, 1990; WOOD, 2006). Le modèle GAM est un modèle statistique utilisée notamment pour des modèles prédictifs et qui utilise des régressions multiples (généralisation du Modèle Linéaire Généralisé GLM). Le modèle GAM remplace les termes du paramètre $b_i x_i$ de la régression multiple avec la fonction $f(x_i)$:

$$E(Y) = \beta_0 + f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_m)$$

Les fonctions $f(x_i)$ sont arbitraires et souvent non paramétriques fournissant ainsi un meilleur potentiel pour l'ajustement des données que d'autres méthodes. Les résidus doivent suivre une distribution normale et les variables sont supposées indépendantes (non corrélées).

Afin de déterminer les variables explicatives pertinentes dans la prédiction de l'abondance d'anguille, nous avons utilisé des modèles de régression multiple pas à pas (stepwise selection) qui utilise une méthode d'optimisation d'un critère. A chaque pas, une variable candidate est ajoutée ou supprimée au modèle, qui prend en compte chacun des facteurs selon qu'elles sont ou non « statistiquement significatives ». Une fonction permet de tester les transformation spleen, log, et les simples effets linéaires sur les variables quantitatives. Les modèles intégrant des corrélations entre variables provoquent des biais dans l'analyse statistique.

Les modèles ont été testés avec des alternatives sur la notation (c'est-à-dire la manière de calculer la franchissabilité du barrage) et sur les autres variables explicatives et sur la variable à expliquer. La sélection des variables et du modèle durant la procédure pas à pas a été basée sur le principe du maximum de probabilité qui permet de caractériser la qualité de l'ajustement. Nous avons utilisé le critère AIC (Akaike Information Criterion) (AIC =

$2k - 2 \times \log(L)$, où k est le nombre de paramètres estimées et L est la fonction de probabilité) pour sélectionner le meilleur modèle (AKAIKE, 1973). Un modèle est considéré comme le meilleur si son AIC est plus faible que les modèles concurrents. Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel R.

IV.2.5. Modèle de validation de la grille de notation proposée par STEINBACH

La modélisation a pour objectif d'une part de définir le modèle le plus pertinent et d'autre part d'évaluer le (ou les) critère(s) le (les) plus impactant(s) sur la répartition des densités. Les variables explicatives d'entrée sont données dans le **Tableau 1**. Pour définir le meilleur modèle, le modèle testé est: densité $\sim$ s(hauteur) + s(profil) + s(rugosite) + s(berge) + s(diversite) + op_cd_moyenprospection + op_cd_methodeprospection avec la hauteur de chute de l'obstacle comme variable pouvant prendre plusieurs formes. Sur le modèle le plus pertinent, qui sera validé selon le critère AIC, sera appliqué la procédure stepwise qui va permettre de sélectionner le « meilleur » modèle avec les variables qu'il a choisi comme étant les plus « significatives ».

Tableau 1 : Variables explicatives utilisées pour la validation de la grille de franchissabilité par l'anguille d'un obstacle proposée par P. STEINBACH (ONEMA – 2002). Le 2^{ème} colonne contient le détail des notes des critères d'évaluation

profil	Verticalité ou inclinaison des parements aval. +1 : partie verticale, +0.5 : partie très pentue, -0.5 : face aval très inclinée, -1 : face aval en pente douce
rugosite	Lissage ou rugosité des surfaces d'écoulement et d'appui. +1 : matériaux étanches et lisses, -0.5 : parement aval rugueux, -1 : parement aval très rugueux
berge	Verticalité ou inclinaison des zones de transition avec la berge. -0.5 : berges à pente favorable
diversite	Diversité des voies de franchissement possibles. -0.5 : existence d'une voie de passage plus facile, -1 : existence d'une voie de passage beaucoup plus facile
methodeprospection	Méthode de prospection de l'opération de pêche. Amb : pêche par ambiance, complète : pêche complète, ang : pêche indice ponctuel d'abondance anguille, berge : pêche partielle sur berge, faciès : pêche sur faciès
moyenprospection	Moyen de prospection de l'opération de pêche. A pied : pêche à pied, bateau : pêche en bateau ; mixte : pêche en bateau et à pied
Variables explicatives comparées : la hauteur de chute de l'obstacle	
hauteur	Hauteur de chute de l'obstacle h. +1 : $h < 0.5$ m, +2 : $+0.5 < h < +1$ m, +3 : $1 < h < 2$ m, +4 : $h > 2$ m
denivele (linéaire)	Dénivelé de l'ouvrage (valeur continue) sans transformation (fonction linéaire)
denivele (non linéaire)	Dénivelé de l'ouvrage (valeur continue) avec transformation selon l'ajustement de la note hauteur dans la grille (fonction non linéaire)

La note de hauteur est une variable discrète qui ne caractérise pas au mieux la caractéristique « dénivelé » de l'obstacle c'est pourquoi le modèle sera aussi testé avec la variable continue (dénivelé). Deux variables « dénivelé » seront testées : le dénivelé (linéaire) et le dénivelé transformé (fonction non linéaire) correspond à l'attribution de la hauteur telle qu'elle est dans la grille de franchissabilité par l'anguille. Une analyse graphique des notes de hauteur (**Figure 5**), critère retenu dans la grille de P. STEINBACH, montre qu'elles ne sont pas attribuées de manière linéaire en fonction du dénivelé. Pour des barrages plus hauts, la note est plus faible que pour une simple relation linéaire, c'est-à-dire que cette note « pénalise plus » les dénivelées plus faibles.

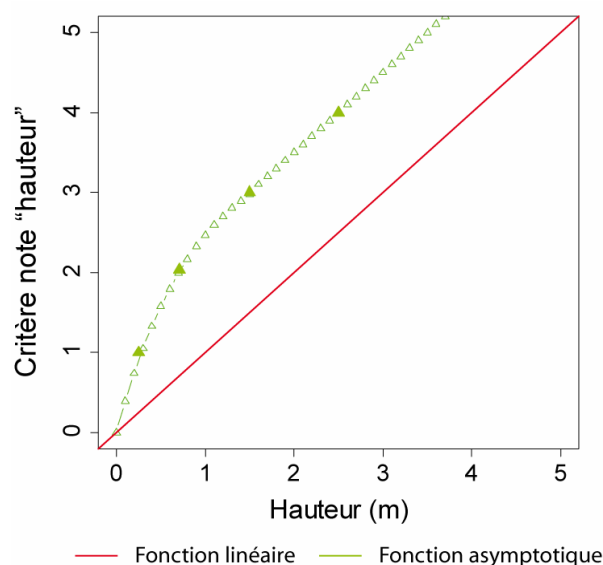


Figure 5 : Modèle linéaire et asymptotique de la hauteur, variable prise en compte dans la grille de notation de la franchissabilité d'un obstacle par l'anguille proposée par Pierre STEINBACH

Deux types de variables dépendantes ont été utilisées pour l'analyse, les densités et les densités estimées. Pour le calcul des densités estimées, on remplace la densité (correspondant à l'effectif cumulé sur tous les passages divisé par la surface de la station) par la densité estimée selon la méthode de CARLE et STRUB. Le remplacement n'est effectué que sur les stations où la densité est estimable. Les autres données (non estimées) restent dans l'analyse car la sélection du modèle doit se faire sur un jeu de données équivalent.

IV.2.6. Modèle de prédiction des densités d'anguilles en fonction de la note obstacle et des variables de milieu

Les modèles GAM ont au final été testés « manuellement » c'est-à-dire que les modèles qui nous semblaient les plus pertinents ont été testés selon la pertinence accordée aux variables et leurs effets sans passer par la procédure stepwise. Néanmoins, la méthode stepwise nous a permis dans une première approche l'exploration des modèles.

La notion d'habitat à l'échelle du bassin versant semble difficile à appréhender pour l'anguille en raison du caractère ubiquiste de l'espèce. La modélisation de la répartition de la densité en anguilles jaunes est pour cela construite à partir de nombreuses variables explicatives quelles soient naturelles ou anthropiques (obstacles à la migration), variables pouvant influencer le niveau et le type de présence de l'espèce en un point de l'axe (**Tableau 2**). Des variables pourront être écartées parce qu'elles ne sont pas significatives ou pour des raisons de colinéarité. Plusieurs modèles sont testés avec des alternatives sur la « note obstacle » (score, expertise, dénivelé, hauteur, scores transformés...).

Les descripteurs du milieu choisis ont déjà été utilisés lors de la détermination de l'indice poisson en rivière (IPR) et se révèlent être de très bons indicateurs. L'objectif a été de considérer toutes les variables disponibles susceptibles de se définir à l'échelle locale. La description détaillée de ces variables environnementales locales est donnée en Annexe VIII (OBERDORFF *et al.*, 2002). La distance relative à la marée dynamique permet de mieux rendre compte de la notion d'habitat et d'accessibilité (comm. pers. BEAULATON, 2007).

Les scientifiques du GRISAM proposent de définir la densité maximale au niveau de l'estuaire (constante) par la collecte des données anciennes mais aussi en multipliant les données sur les bassins et les différentes années (RIGAUD, 2007b). Nous avons ainsi testés séparément les années sur le bassin de la Vilaine et sur les autres bassins bretons. Cette constante peut aussi être mesurée à partir de données de recrutement total du bassin (de civelles pénétrant dans la zone estuarienne). Etant donné que les données de recrutement fluvial sont disponibles sur l'estuaire de la Vilaine (BRIAND *et al.*, 2006a), nous avons testé l'utilisation de ce paramètre.

Un modèle calé sur différents modes de prospection représente un biais non négligeable ce qui nous a amené à introduire une variable « méthode de prospection » et « moyen de prospection ». Le but du modèle prédictif est en effet d'intégrer une grande hétérogénéité des opérations de pêche afin qu'il puisse être applicable à divers hydrosystèmes.

Tableau 2 : Variables explicatives utilisées pour la modélisation de la répartition des densités en anguilles jaunes en fonction de facteurs naturels et anthropiques.

annee	Années de capture sur l'ensemble des bassins bretons
anneeVilaine	Années de capture sur le bassin de la Vilaine
recrutementVilaine	Recrutement fluvial sur le bassin de la Vilaine (IAV)
anneeBretagne	Années de capture sur les bassins bretons autres que le bassin de la Vilaine
bassin	Bassin. J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7, I2 : la Sée et ses affluents, I8 : l'Orne et ses affluents. La délimitation des bassins bretons est présentée dans la Figure 6 .
distancerelative	Positionnement relatif de la station de pêche ou du barrage entre la limite de marée dynamique et la source du cours d'eau (valeur continue entre 0 et 1 qui augmente vers l'amont). $D_{relative} = \frac{D_{marée_dynamique}}{D_{cours_d'eau}}$
distancemer	Distance absolue à la limite de marée dynamique (valeur continue).
gradientlongitudinal	Position sur le gradient amont-aval du cours d'eau $G = 3.015 - 0.347 \times \log(SBV_{km^2}) - 0.543 \times \log(DIS_{km})$ avec DIS, la distance à la source (km) et SBV, la superficie du bassin versant drainé (km ²).
log_altitude	Logarithme de l'altitude moyenne (en m) (valeur continue entre 0 et 1) (ROGER C., 2005)
t1	Température moyenne de l'air en juillet (°C) + température moyenne de l'air en janvier (°C) (entre 1980 et 1999) (ROGER C., 2005) $T1 = T_{juillet} + T_{janvier}$
methodeprospection	Méthode de prospection de l'opération de pêche. Amb : pêche par ambiance, complète : pêche complète, ang : pêche indice ponctuel d'abondance anguille, berge : pêche partielle sur berge, faciès : pêche sur faciès
moyenprospection	Moyen de prospection de l'opération de pêche. A pied : pêche à pied, bateau : pêche en bateau ; mixte : pêche en bateau et à pied
t2	Température moyenne de l'air en juillet (°C) - température moyenne de l'air en janvier (°C) (entre 1980 et 1999) (ROGER C., 2005) $T2 = T_{juillet} - T_{janvier}$
Variables explicatives comparées : la note obstacle	
denivele (linéaire)	Dénivelé de l'ouvrage (valeur continue) sans transformation (fonction linéaire)
expertise	Note de franchissement (entre 1 et 5) donnée par avis d'expert.
score	Critère hauteur de la grille proposée par STEINBACH. 0 : libre circulation, 1 : franchissable, 2 : franchissable temporairement, 3 : difficilement franchissable, 4 : très difficilement franchissable, 5 : infranchissable
hauteur	Hauteur de chute de l'obstacle h. +1 : $h < 0.5$ m, +2 : $0.5 < h < +1$ m, +3 : $1 < h < 2$ m, +4 : $h > 2$ m
score2	Score – hauteur + dénivelé (linéaire)
score3	Score – hauteur + dénivelé (linéaire) – diversité - berge
score4	Score – hauteur + dénivelé (linéaire) – diversité
score5	Score – hauteur + dénivelé (linéaire) – berge
score6	Score – hauteur + dénivelé (linéaire) – profil
score7	Score – hauteur + dénivelé (linéaire) – rugosité
score8	Score – hauteur + dénivelé (linéaire) – diversité - profil
score9	Score – hauteur + dénivelé (linéaire) – diversité – rugosité
score10	Score – hauteur + dénivelé (linéaire) – rugosité – profil
score11	Score – hauteur + dénivelé (linéaire) – berge – profil
score12	Score – hauteur + dénivelé (linéaire) – berge - rugosité

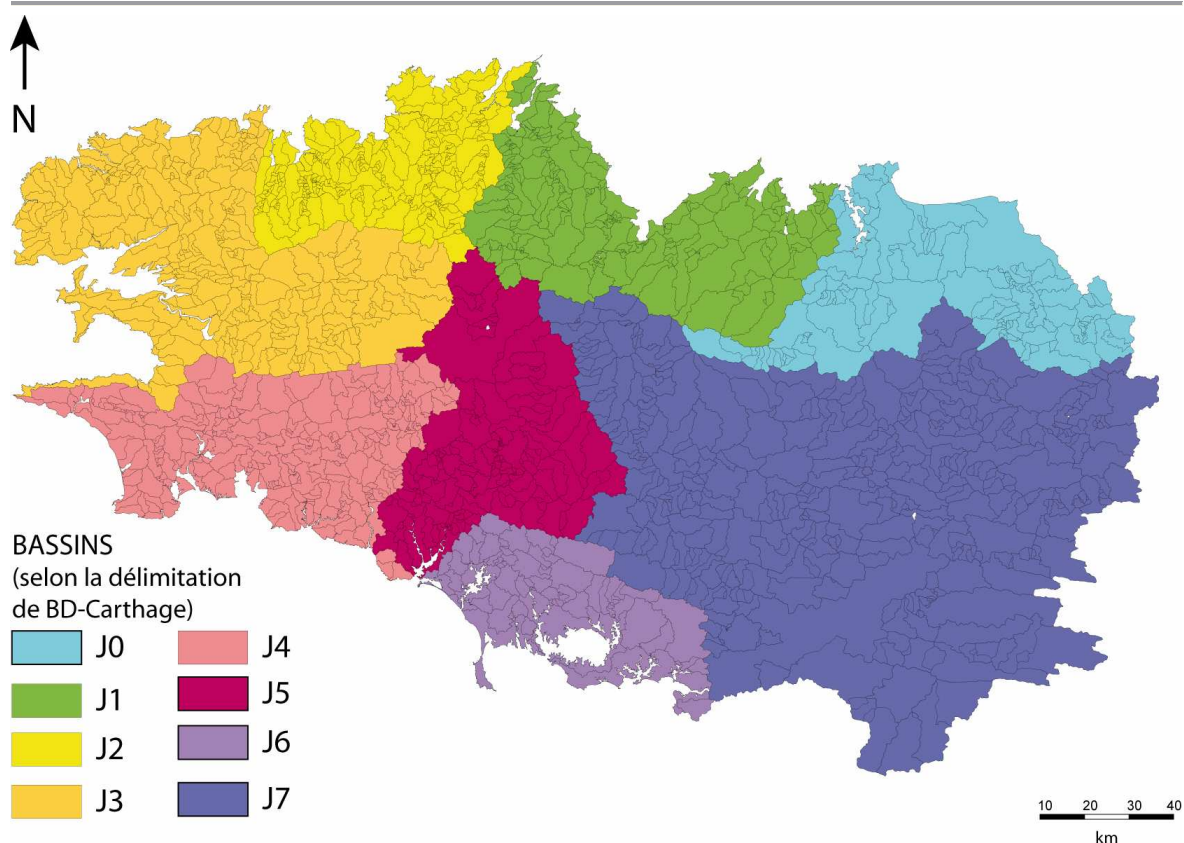


Figure 6 : Délimitation des bassins en Bretagne. J0 : Cours d'eau côtiers entre le Couesnon et la Rance. J1 : Cours d'eau côtiers entre la Rance et le Trieux. J2 : Cours d'eau côtiers entre le Trieux et le Roscoff. J3 : Cours d'eau côtiers de Roscoff à la pointe du Raz. J4 : Cours d'eau côtiers de la Pointe du Raz au Blavet. J5 : Le Blavet et ses affluents. J6 : Cours d'eau entre le Blavet et la Vilaine. J7 : La Vilaine et ses affluents.

IV.2.7.Modélisation de la structure en classes de taille des anguilles

Le traitement statistique a utilisé un modèle additif généralisé vectoriel (Vector Generalized Additive Model VGAM) basé sur des modèles log-linéaires. C'est une méthode GAM qui peut être appliquée aux différentes classes d'une variable dépendante Y à plus de deux modalités (quatre catégories de classes de taille [0 ;150],]150 ;300],]300 ;450] et]450 ; +∞[) (**Tableau 3**). Le choix des variables explicatives est basé sur les variables retenues dans le modèle précédent.

Tableau 3 : Limites des classes de taille prises en compte dans l'étude (BRIAND *et al.*, 2006b)

Classes de taille (mm)	Description
< 150	Individus dans leur 1 ^{ère} ou 2 ^{ème} année de vie continentale.
[150–300[	Individu en croissance (2 à 6 étés continentaux de croissance selon les sites et les individus).
[300–450[	Individu mâle pouvant s'argenter ou individu femelle en croissance
> 450	Individu femelle pouvant s'argenter. Petits gabarits (150-400g) le plus souvent associés aux milieux peu profonds. Gabarits moyens (400-800g). Gros gabarits (+ de 800g) le plus souvent associés aux milieux profonds.

Nous avons testé le VGAM selon un modèle multinomial (Modèle Logit Multinomial MNL) qui permet de tester l'hétérogénéité des associations entre les facteurs explicatifs et les différentes classes de la variable dépendante. La fonction multinomiale s'écrit : $\eta_n = \log \frac{P[Y = n]}{P[Y = M + 1]}$ avec η_n , la n ième variable à expliquer. Ici, $n=1,2,\dots,M$ et η_{M+1} est 0 par définition. C'est le dernier niveau de la variable dépendante qui est prise comme le niveau de référence pour l'identification des paramètres (MCCULLAGHT & LELDER, 1989; YEE, 2003). Les données d'entrées sont les pourcentages en classes de taille des densités mesurées sur les pêches.

Nous avons également testé la modélisation du vecteur des classes de tailles sur les données d'occurrence. Nous simulons cette fois non plus les densités mais les effectifs comme donnée d'entrée sur les stations que nous simulons suivant une loi de Poisson, c'est-à-dire qu'on simule le comportement d'une variable aléatoire discrète correspondant à un comptage d'objet possédant un caractère relativement rare dans un grand ensemble. Plus particulièrement, dans R, l'utilisation de la famille quasipoisson permet de modéliser une plus grande dispersion. Afin de pondérer les effectifs, la variable « surface échantillonnée » de l'opération de pêche a été rentrée parmi les variables explicatives.

IV.2.8. Prédiction des densités en anguilles jaunes et des effectifs

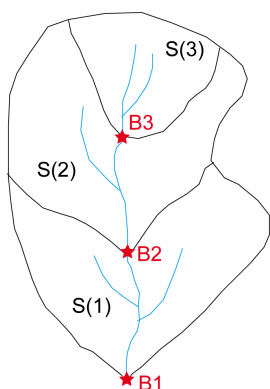


Figure 7 : Le bassin présente 3 barrages (B1, B2 et B3) qui découpent le bassin en 3 territoires d'action (S1, S2 et S3).

Dans le cadre d'une stratégie de restauration de la libre circulation d'une l'espèce, l'analyse doit porter sur l'unité de gestion, le bassin versant. Au sein du bassin, peut être individualisé le bassin interbarrage, zone potentiellement colonisable par l'espèce qui peut être délimitée par la présence d'ouvrages. Dans ce cadre, des bassins interbarrages ont été définis sur l'ensemble des bassins bretons (**Figure 7**). Chaque bassin est caractérisé par :

- Les surfaces en eau $S(i)$ du bassin ;
- La note d'impact $c(i)$ de l'obstacle sur la montée dans le bassin ;
- Les facteurs naturels : distance à la marée dynamique, distance relative, conditions thermiques T1 et T2, gradient longitudinal et altitude.

Une fois le modèle théorique ajusté entre les données de densités et les variables explicatives, nous avons re-calculé les densités pour un jeu de données indépendant au niveau bassins interbarrages dans la situation actuelle (2004) et dans une situation pristine (en 1980, sans obstacles).

Pour passer des densités aux effectifs, nous avons calculé les surfaces en eau $S(i)$ de chaque bassin interbarrage i ($S = l \times L$ où, l la largeur de la lame d'eau et L la longueur du cours d'eau). Les largeurs de lame d'eau l ont été évaluées selon l'ordre de Strahler à partir d'une méthode GLM (Generalized Linear Model) avec un lien Gamma et une dispersion lognormale des résidus. De ce fait, le calcul des surfaces en eau n'est qu'une approximation.

IV.2.9. Elaboration de critères de décision

L'objectif est de définir, sur la base du modèle théorique, des critères de conformation à des règles de gestion en fonction d'un équivalent à la cible en %SPR mais sous une forme adaptée pour les obstacles à la migration.

$$\frac{d}{d_0} \geq \%SPR \Leftrightarrow \frac{e^{C_0 + C_1 \cdot s(X_1) + C_2 \cdot s(X_2) + \dots + C_n \cdot s(X_n)}}{e^{C_0 + C_2 \cdot s(X_2) + \dots + C_n \cdot s(X_n)}} \geq \%SPR \Leftrightarrow$$

$$s(X_1) \geq \frac{\log(\%SPR)}{C_1}$$

Cette règle de décision permet en chaque point du réseau hydrographique de calculer un équivalent en %SPR à partir du cumul des scores obtenus sur les obstacles en aval. En l'absence d'expertise précise, les notes peuvent être basées uniquement sur le dénivelé sans le corriger par les autres critères de franchissabilité. La densité d'anguilles du bassin dans la situation actuelle est $d = e^{C_0 + C_1 \cdot s(X_1) + C_2 \cdot s(X_2) + \dots + C_n \cdot s(X_n)}$ avec X_n , variables explicatives, C_n , coefficient des variables explicatives et C_1 , coefficient de la variable « note obstacle ». En conditions pristines, l'effet obstacle X_1 est nul. En utilisant les effets GAM, $s(X_1)$ n'est pas linéaire en fonction de X_1 .

CHAPITRE V : RESULTATS

V.1. Analyse des densités observées

L'analyse des densités mesurées sur les opérations de pêche électrique sur l'ensemble de la Bretagne révèle une densité moyenne de 4,8 ang/100 m² sur 1186 pêches réparties sur 374 stations (**Tableau 4**). Le nombre d'opérations et de stations varie selon les bassins, de 14 opérations pour le bassin J6 (cours d'eau côtiers entre le Blavet et la Vilaine) à 468 observations pour les pêches du bassin de la Vilaine. Les densités mesurées varient également selon le bassin ; les densités les plus faibles sont rencontrées pour le bassin de l'Aulne (1.4 ang/m²) et pour les cours d'eau situés à l'Ouest de la Bretagne (bassins J1, J2 et J3 pour des valeurs entre 3 et 4.1 ang/m²). La densité médiane mesurée sur les cours d'eau côtiers entre le Blavet et la Vilaine est très forte avec 12 ang/m². Les structures en classes de taille varient selon les bassins (Annexe IX). Les densités sont nulles pour la classe de taille < 150 mm. Les classes de taille les plus représentées concernent les catégories [150-300[et [300-450[mm. Les populations d'anguilles semblent plus jeunes pour les bassins J0 et J7, bassin du Couesnon et de la Rance et bassin de la Vilaine. Les densités de la classe de taille > 450 mm sont élevées sur le bassin du Blavet (J5).

Tableau 4 : Densités médianes mesurées sur les pêches par bassins, toutes années confondues

Bassin	Nombre d'opérations	Nombre de stations	Densités médianes (ang/100 m ²)				
			Totale	< 150	[150-300[	[300-450[	> 450
I2	111	31	5.11	0.00	0.72	1.81	0.92
I8	26	7	6.16	0.00	2.69	2.90	1.42
J0	88	27	8.14	0.03	0.76	0.56	0.15
J1	93	28	3.03	0.00	1.02	0.77	0.43
J2	60	27	4.12	0.00	0.59	1.17	0.20
J3	108	40	3.62	0.00	0.54	0.89	0.42
J4	126	47	4.59	0.00	1.33	1.64	0.51
J5	92	29	1.37	0.00	0.19	0.49	0.40
J6	14	11	12.04	0.49	4.20	5.17	0.52
J7	468	127	7.18	0.00	2.95	1.49	0.35
TOTAL	1186	374	4.81	0.00	1.25	1.30	0.40

Les densités moyennes sur chaque station de pêche sont présentées en **Figure 8**. Les densités les plus fortes se révèlent être positionnées le plus en aval du réseau hydrographique. Les densités apparemment fortes sur la Vilaine sont la conséquence de la méthode de prospection adaptée à l'anguille pour les pêches IAV ajoutées au jeu de données.

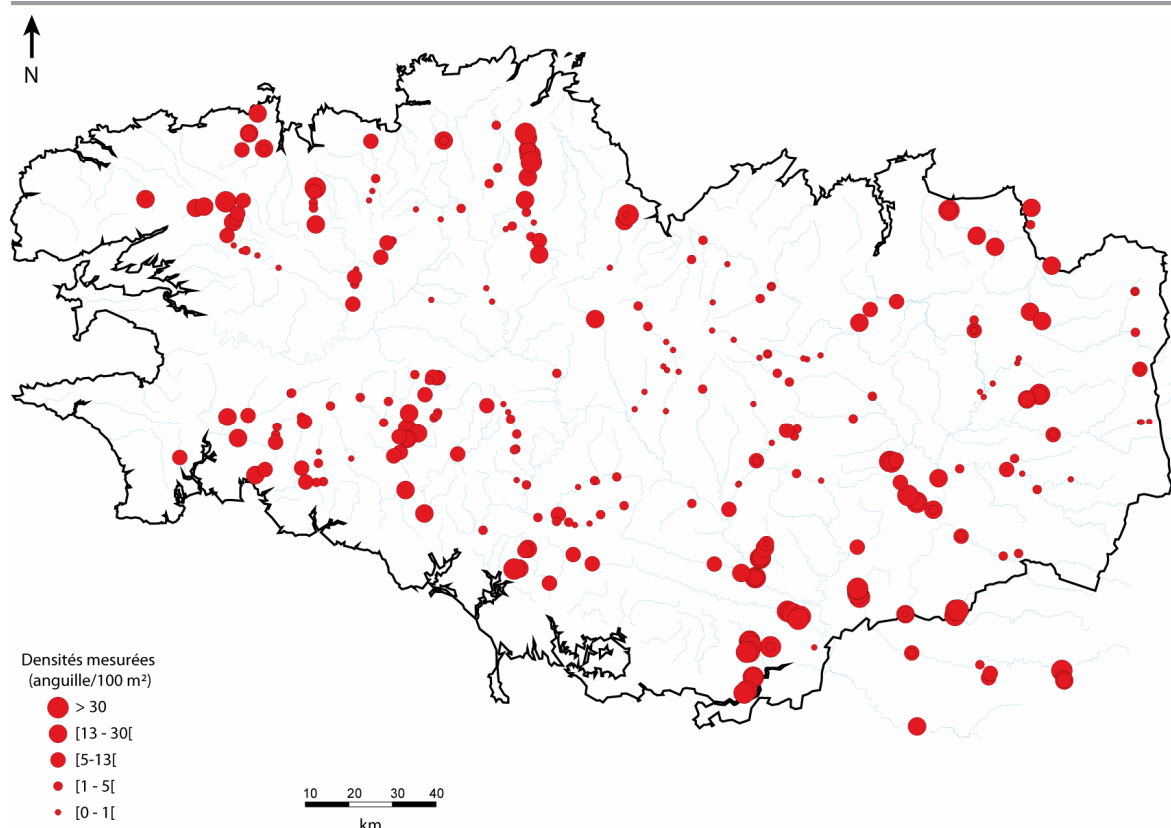


Figure 8 : Densités moyennes en anguilles jaunes par stations de pêche électrique sur la Bretagne, toutes années confondues

La **Figure 9** montre le cumul des notes de score (grille de notation de la franchissabilité des anguilles) sur le réseau hydrographique de l'ensemble de la Bretagne en 2007. Certains axes présentent des cumuls de score très élevés : Aulne, Oust et Blavet (points noirs et marrons). Ces axes correspondent aux cours d'eau canalisés pour la navigation. Beaucoup d'ouvrages ne sont pas encore expertisés selon la grille proposée par STEINBACH notamment sur la côte Nord-ouest de la Bretagne, dans le Finistère et les Côtes d'Armor. Un grand nombre d'ouvrages ne constituent pas un obstacle à la migration puisqu'ils sont soit ruinés, soit effacés, soit munis d'une passe à poisson (tous types de passes confondues). Les faibles scores constatés sur la Vilaine correspondent à l'équipement de passes à anguilles.

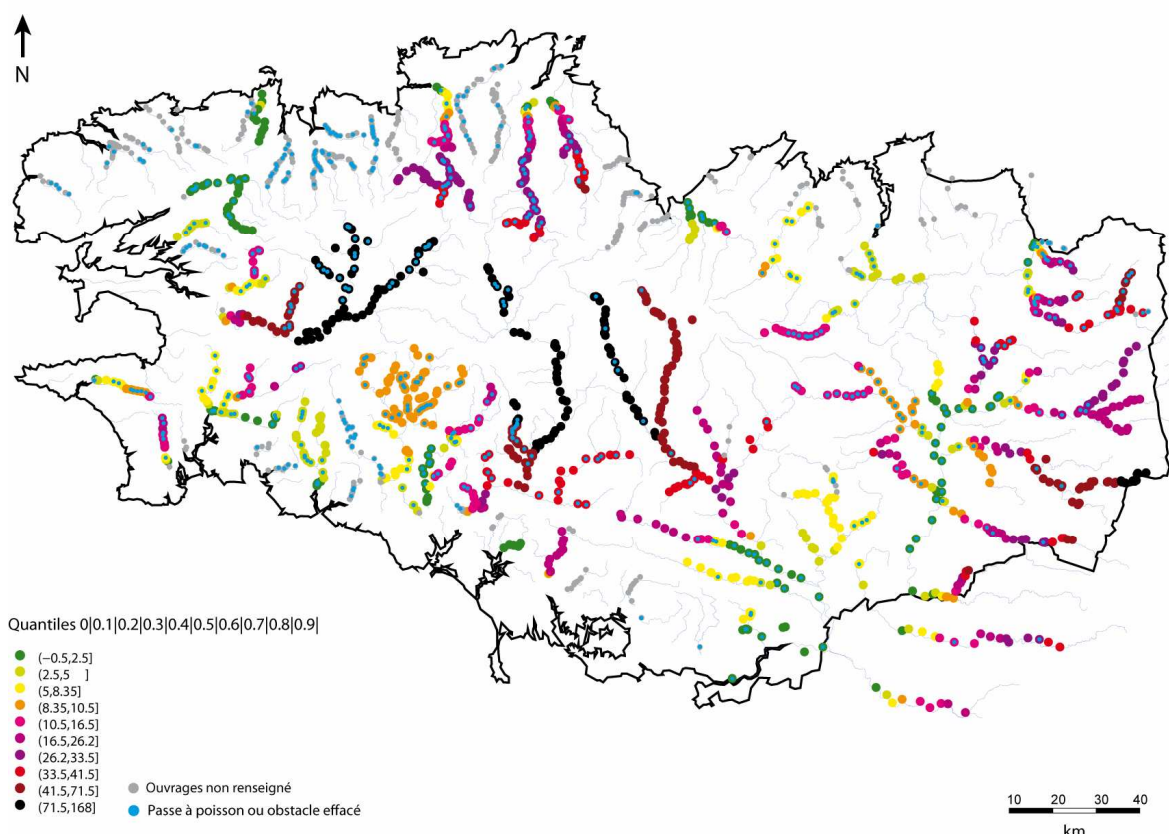


Figure 9 : Cumul des notes des scores des obstacles, ouvrages ruinés ou effacés ou muni d'un passe à poisson, ouvrages non renseignés sur l'ensemble de la Bretagne, en 2007.

V.2. Modélisation

Les deux modélisations effectuées (modèle de validation de la grille de notation de STEINBACH et modèle prédictif des densités en anguilles jaunes) ont été calées sur le même jeu de données. La requête des données permet d'extraire les densités en anguilles jaunes de 1186 opérations de pêche réparties sur 374 stations de pêche. Les filtres

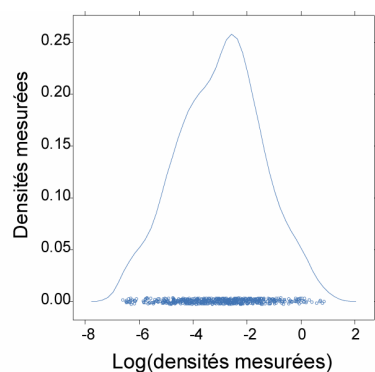


Figure 10 : Distribution lognormale des densités mesurées

appliqués restreignent le jeu de données à 586 opérations de pêche distribuées sur 169 stations et 13 bassins (Sée, Aulne, Horn, Douffine, Trieux, Arguenon, Couesnon, Blavet, Elle, Scorff, Léguer, Loc'h et bassin de la Vilaine). L'expertise selon la grille de notation de STEINBACH n'est pas encore effectuée pour 43 % des obstacles situées à l'aval d'une station de pêche. La modélisation a été calée sur des pêches électriques « classiques » (pêche complète, sur faciès, partielle sur berge et par ambiance), 150 opérations de pêche recensées sont des pêches indice ponctuel

d'abondance anguilles (pêches IAV). Les données ont une structure log normale (**Figure 10**) ce qui nous a conduit à utiliser un modèle GAM avec un lien Gamma (lien log). Parmi ces opérations, 59 ont une densité d'anguille nulle, ce qui ne nous a pas permis de travailler sur un modèle binomial (présence/absence). Afin de ne pas perdre d'informations sur les densités nulles et de préserver une structure lognormale des densités mesurées, les valeurs de 0 ont été remplacées par le minimum des densités mesurées.

V.2.1. Modèle de validation de la grille de notation proposée par STEINBACH

Le modèle testé s'écrit :

$$\log D(i) = \beta \sum_{i=1}^n c(i) = \sigma \sum_{i=1}^n h(i) + \chi \sum_{i=1}^n p(i) + \delta \sum_{i=1}^n r(i) + \varepsilon \sum_{i=1}^n b(i) + \phi \sum_{i=1}^n dv(i)$$

- $\sigma \sum_{i=1}^n h(i)$ cumul de la note de hauteur des n obstacles en aval du tronçon i ;
- $\chi \sum_{i=1}^n p(i)$ cumul des notes de profil des n obstacles en aval du tronçon i ;
- $\delta \sum_{i=1}^n r(i)$ cumul des notes de rugosité des n obstacles en aval du tronçon i ;
- $\varepsilon \sum_{i=1}^n b(i)$ cumul des notes de l'effet berge des n obstacles en aval du tronçon i ;
- $\phi \sum_{i=1}^n dv(i)$ cumul des notes d'existence d'une voie plus facile (diversité) des n obstacles en aval du tronçon i ;

Analyse des modèles avec une alternative sur la note de hauteur et sur la variable dépendante par comparaison des AIC

L'AIC et le coefficient de corrélation de Pearson pour tous les modèles testés sont résumés dans le **Tableau 5**. La valeur de l'AIC suggère que le meilleur modèle utilise le dénivelé non transformé et les densités observées.

Variable dépendante	Variable explicative	AIC	Corrélation (Pearson)
Densités observées	den_linéaire = TRUE	-1758.052	0.593
	hauteur	-1752.170	0.598
	den_lineaire=FALSE	-1746.080	0.592
Densités estimées	den_lineaire=FALSE	-1591.285	0.575
	den_linéaire = TRUE	-1585.728	0.581
	hauteur	-1580.316	0.576

Tableau 5 : AIC et coefficients de corrélation de Pearson des modèles testés pour la validation de la grille de STEINBACH avec des alternatives de variables dépendantes et explicatives.

Analyse du meilleur modèle retenu par la procédure stepwise

Les variables dénivelé / diversité et rugosité / profil sont très corrélées entre 90 et 95 %. La distribution des résidus suit une distribution quasi-normale (min : -2.6069, 1Q : -0.9242, médiane : -0.3350, 3Q : 0.2416, max : 4.2963). Le modèle retenu s'écrit : densités $\sim$ denivele + s(profil) + s(rugosite) + s(berge) + s(diversite) + op_cd_methodeprospection + op_cd_moyenprospection, c'est-à-dire que parmi les variable continues, seul le dénivelé est retenu avec un modèle linéaire. Les réponses des autres variables sont adaptées à l'aide de fonctions de lissage. L'AIC est de -1758.768 (Déviance : nulle : 1284 – résiduelle : 531 ; Degré de liberté : nulle : 585 – résiduel : 562). La méthode de prospection est le paramètre influençant le plus les densités en anguilles jaunes avec 19.4 % (AIC : 341.7) ensuite vient le dénivelé avec 6 % (AIC : 104.9) (**Tableau 6**).

Tableau 6 : AIC du meilleur modèle retenu (densités $\sim$ denivele + s(profil) + s(rugosite) + s(berge) + s(diversite) + op_cd_methodeprospection + op_cd_moyenprospection)

	df	Deviance	AIC	Ecart AIC	% Ecart AIC
<none>		531.17	-1758.77		
op_cd_methodeprospection	4	959.39	-1417.11	341.66	19.43%
denivele	1	662.06	-1653.89	104.88	5.96%
s(berge)	1	643.03	-1669.43	89.34	5.08%
s(rugosite)	1	634.63	-1676.29	82.48	4.69%
op_cd_moyenprospection	1	634.41	-1676.47	82.30	4.68%
s(diversite)	1	633.50	-1677.22	81.55	4.64%
s(profil)	1	632.83	-1677.76	81.01	4.61%

Les courbes de réponse de la densité en anguilles jaunes selon les variables explicatives sont présentées **Figure 11**. Dans l'analyse des courbes de réponse, il faut avoir en tête que la réponse cohérente attendue est une diminution pour chaque élément de la note, un score plus élevé amenant à une diminution des densités d'anguilles. Des réponses cohérentes sont obtenues pour le dénivelé, le profil de l'obstacle entre -10 et 15. Au delà, les tendances s'inversent pour des cumuls de notes de profil plus élevées et ne sont plus cohérentes. Des réponses incohérentes sont obtenues pour la rugosité (courbe en U), l'effet berge et l'existence d'une voie plus facile (augmentation). La corrélation de Pearson entre les densités observées et les densités prédites est de 0.59, le modèle est relativement prédictif sur la densité observée en anguilles jaunes ($t = 17.57$, $df = 584$, $p\text{-value} < 0.001$, intervalle de confiance de 95 %: 0.53-0.64).

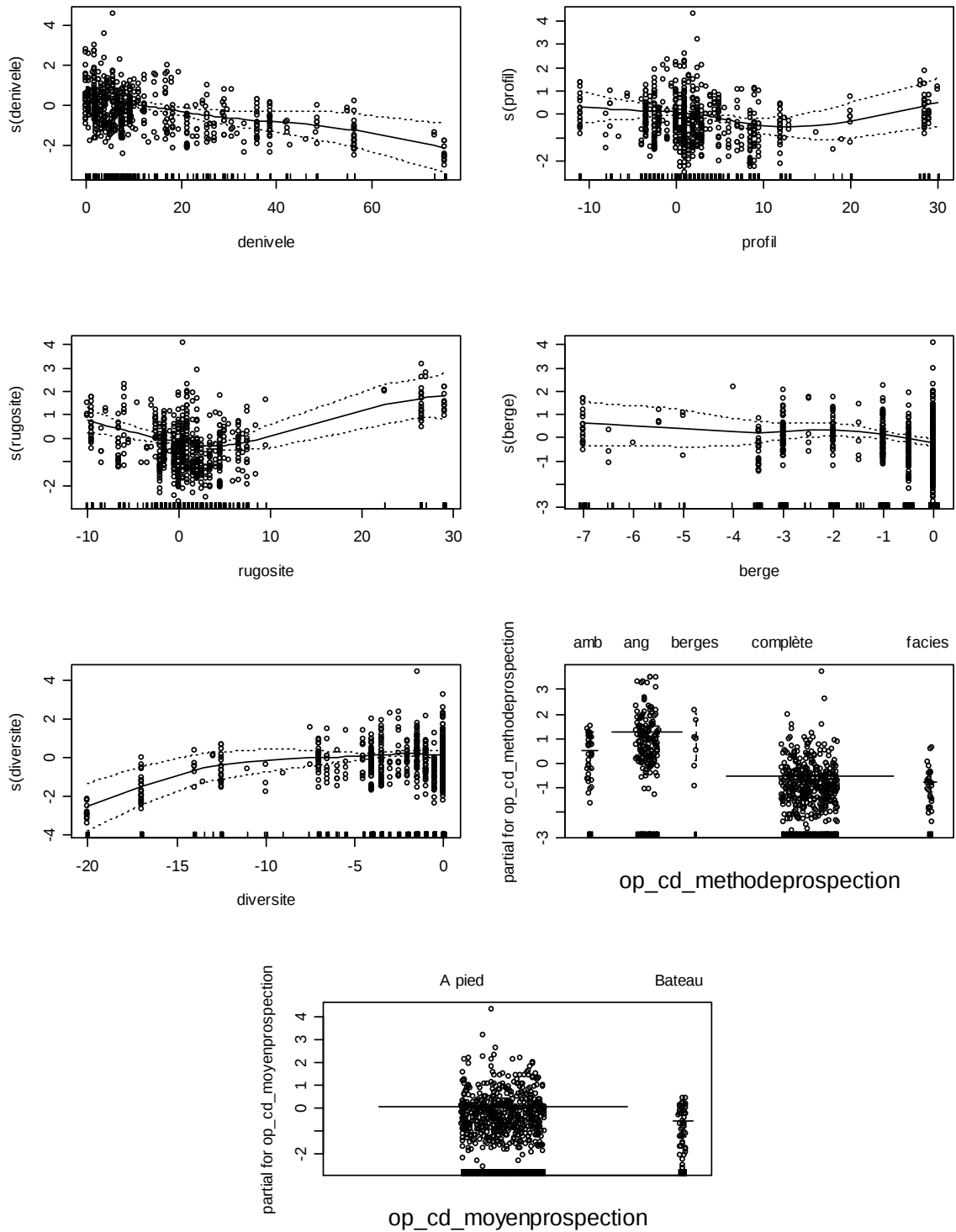


Figure 11 : Courbes de réponse des densités observées en anguilles jaunes en fonction de chacun des paramètres retenus dans la procédure stepwise. Les résidus de déviance partielle sont représentés sous la forme de points, les deux courbes représentent +/- deux fois l'erreur type (l'écart type de la différence entre les valeurs prédites et observées).

V.2.2. Modèle prédictif des densités en anguilles jaunes en fonction de la note obstacle et de variables du milieu

Choix des variables

Les deux courbes de réponse montrent une baisse des densités en anguilles jaunes en fonction de l'année (**Figure 12**). Les tendances sur la Vilaine et les autres bassins bretons sont différentes. La baisse des densités sur les bassins bretons (autre que le bassin de la Vilaine) suit une tendance linéaire, même si on force le modèle à adopter plusieurs points d'inflexion dans une modélisation non linéaire. Sur la Vilaine, la courbe de réponse est un effet non linéaire.

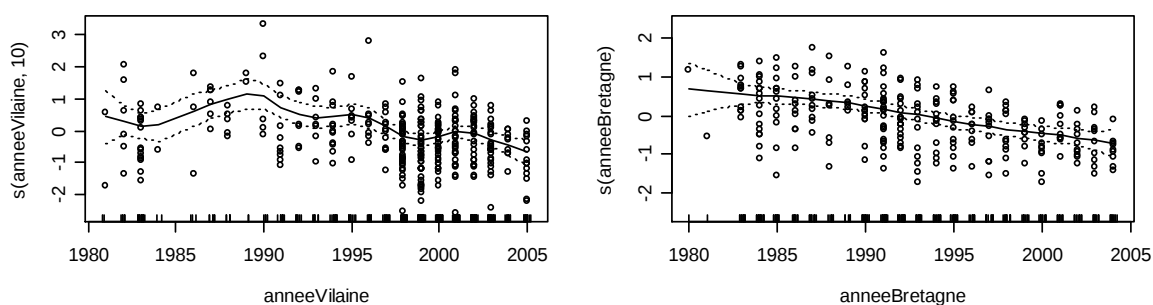


Figure 12 : Courbes de réponse des densités en anguilles jaunes en fonction des années sur le bassin de la Vilaine et des autres bassins bretons..

La relation entre le recrutement fluvial et les densités prédites n'est pas évidente même si les périodes de fort recrutement (manœuvres d'écluse entre 1986 et 1990 et depuis 1996) se traduisent par des densités plus fortes (**Figure 13**). Le coefficient de corrélation entre les densités prédites et le recrutement fluvial révèle une corrélation négative (- 0.56) même si on imagine un décalage entre les densités et le recrutement. Cette corrélation négative est la conséquence de tendances opposées entre le recrutement fluvial et les densités observées. Cependant, avant 1996, il est difficile de savoir ce qu'était le recrutement fluvial. La tendance du recrutement fluvial sur la Vilaine reste la même si on écarte les pêches anguilles de l'IAV réalisées à partir de 1998. Les variables « anneeBretagne » et « anneeVilaine » n'ont pas été utilisées dans la modélisation. Le choix s'est fait sur la variable « année » sans différencier les bassins.

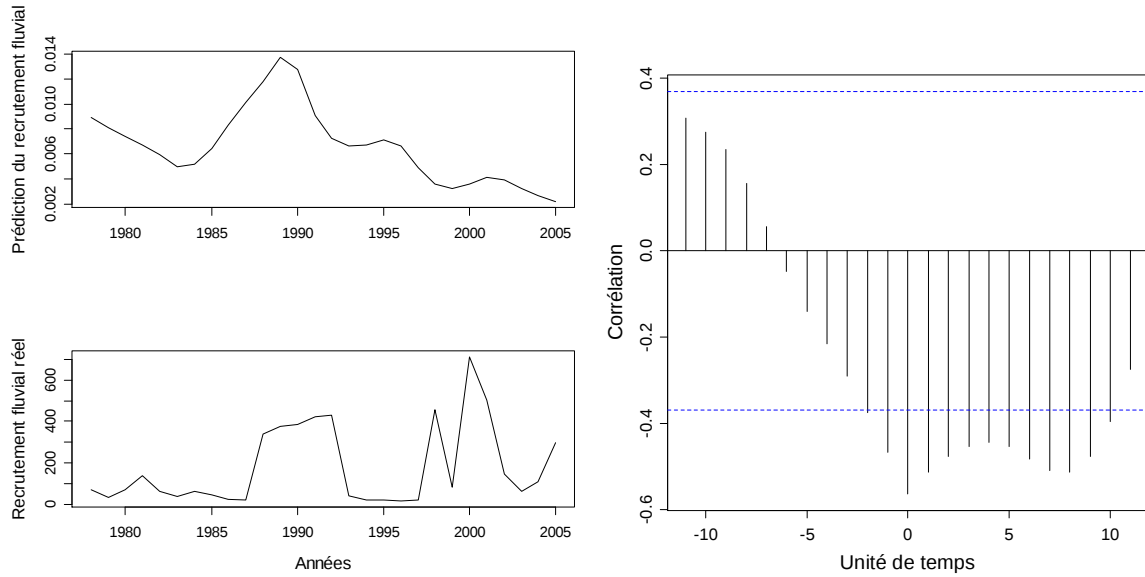


Figure 13 : Densités prédites d'après notre modèle sur le bassin de la Vilaine et recrutement fluvial sur la Vilaine (modèle GEMAC, BRIAND, 2006) et corrélation entre les densités prédites et le recrutement

Toutes les autres variables explicatives ont été incorporées puisque les variables ne sont pas corrélées entre elles. Il a été choisi de rentrer les 11 variables explicatives de manière non linéaire, choix réalisé après l'exploration de divers modèles selon la procédure stepwise.

Choix du meilleur modèle ajusté

Le modèle s'écrit :

$$\log D(i) = \alpha + \text{bassin} + m + \beta \sum_{i=1}^n c(i) + \gamma.d_m(i) + \phi.d_r(i) + \gamma.T1(i) + \eta.T2(i) + \kappa.ALT(i) + \mu.G(i)$$

Avec :

$$\beta \sum_{i=1}^n c(i) = \sigma \sum_{i=1}^n d(i) + \chi \sum_{i=1}^n p(i) + \delta \sum_{i=1}^n r(i) + \varepsilon \sum_{i=1}^n b(i) + \phi \sum_{i=1}^n dv(i)$$

- α , l'année de l'opération de pêche;
- *Bassin*, le bassin versant auquel appartient la station ;
- *m*, la méthode de prospection
- $\beta \sum_{i=1}^n c(i)$, le facteur "cumul des obstacles" des n obstacles en aval du tronçon i;
- $\gamma.d_m(i)$, la distance à la marée dynamique de la station;
- $\phi.d_r(i)$, la distance relative à la marée dynamique sur la station ;
- $\gamma.T1(i) + \eta.T2(i)$, les conditions thermiques T1 et T2 sur la station;
- $\kappa.ALT(i)$, le logarithme de l'altitude sur la station;
- $\mu.G(i)$, le gradient longitudinal sur la station de pêche.

Plusieurs possibilités de modèle ont été testées en faisant varier le facteur « obstacle ». L'AIC du modèle retenu est de -1975.2 (densité $\sim$ s(annee) + s(t2) + s(t1) + s(log_altitude) + s(note_obstacle) + s(st_distancemer) + s(gradientlongitudinal) + s(distancerelative) + bassin + op_cd_methodeprospection + op_cd_moyenprospection) (**Tableau 7**). Il utilise comme note d'obstacle un calcul basé sur le dénivelé utilisé directement sans transformation (**Figure 5**) et tous les critères intervenant dans l'appréciation de la franchissabilité d'un obstacle sauf la diversité des voies de franchissement. Il utilise des effets non linéaires sur les variables quantitatives « année, t1, t2, log (altitude), distance mer, gradient longitudinal, distance relative » et les variables qualitatives bassin, méthode et moyen de prospection.

Tableau 7 : AIC des modèles [densité $\sim$ s(note_obstacle) + s(annee) + s(t2) + s(t1) + s(log_altitude) + s(st_distancemer) + s(gradientlongitudinal) + s(distancerelative) + bassin + op_cd_methodeprospection + op_cd_moyenprospection] avec des variantes sur la variable explicative « note_obstacle ».

Variable explicative "Note obstacle"	AIC	cor (Pearson)
Dénivelé + Profil + Berge + Rugosité	-1975.18	0.761
Dénivelé + Profil + Berge + Diversité	-1973.97	0.765
Dénivelé + Profil + Rugosité	-1973.17	0.760
Dénivelé + Profil + Berge + Rugosité + Diversité	-1972.75	0.760
Dénivelé + Profil + Rugosité + Diversité	-1972.11	0.761
Dénivelé + Profil + Berge	-1972.03	0.762
Dénivelé + Profil + Diversité	-1970.54	0.763
Dénivelé + Berge + Rugosité	-1965.28	0.755
Dénivelé + Berge + Rugosité + Diversité	-1961.28	0.752
Dénivelé + Berge + Diversité	-1959.32	0.756
Dénivelé + Rugosité + Diversité	-1959.21	0.753
Hauteur + Profil + Berge + Rugosité + Diversité	-1958.16	0.760
Dénivelé	-1955.82	0.754
Dénivelé (non linéaire)	-1949.10	0.757
Expertise	-1948.59	0.753
Dénivelé (non lin.) + Profil + Berge + Rugosité + Diversité	-1943.46	0.750
Hauteur	-1942.71	0.750

Le modèle utilise 7.7 % des degrés de liberté (45 utilisés sur 585 pour le modèle nul). Les variables explicatives ne sont pas corrélées entre elles. Le test de corrélation de Pearson calcule un coefficient de 0.76 (df = 584, $p < 0.001$; intervalle de confiance de 95%: 0.725 0.793). La distribution de la déviance des résidus est normale (min : -2,4762, 1Q : -0.6980, médiane : -0.1683, 3Q : 0.3112, max : 2.8044). Les valeurs comprises entre le premier et le troisième quartile des densités prédites sont situées entre 0 et 0.2 ang/m² sauf sur le bassin de la Vilaine (J7) où le troisième quartile est proche de 0.3 et où de nombreuses opérations présentent des densités très fortes (> 0.6 ang/m²), du fait de l'utilisation de la méthode de prospection adaptée à l'anguille (**Figure 14**). Les corrélations entre les densités observées et

les prédites sont bonnes avec une surestimation des densités prédites sur le bassin de la Vilaine.

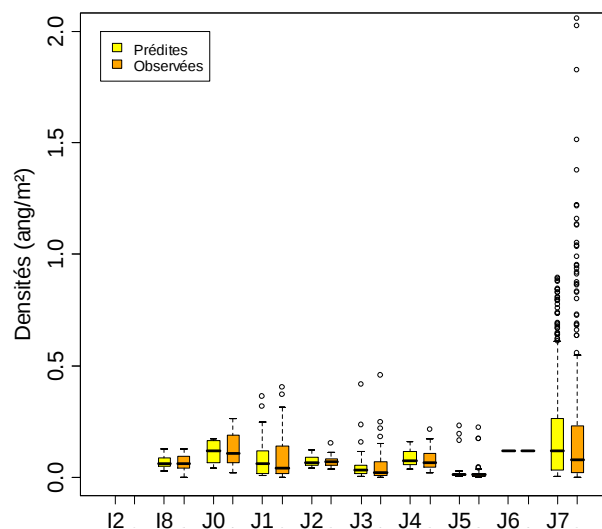


Figure 14 : Densités observées et prédites par bassin

Les résidus moyens des modèles testés indiquent que les stations aux valeurs élevées en positif comme en négatif ne sont pas particulièrement concentrées sur une rivière particulière (ce qui indiquerait une erreur probable dans l'appréciation de la franchissabilité (**Figure 15**)). Le nombre d'opérations de pêche par station pondère les valeurs des densités moyennes.

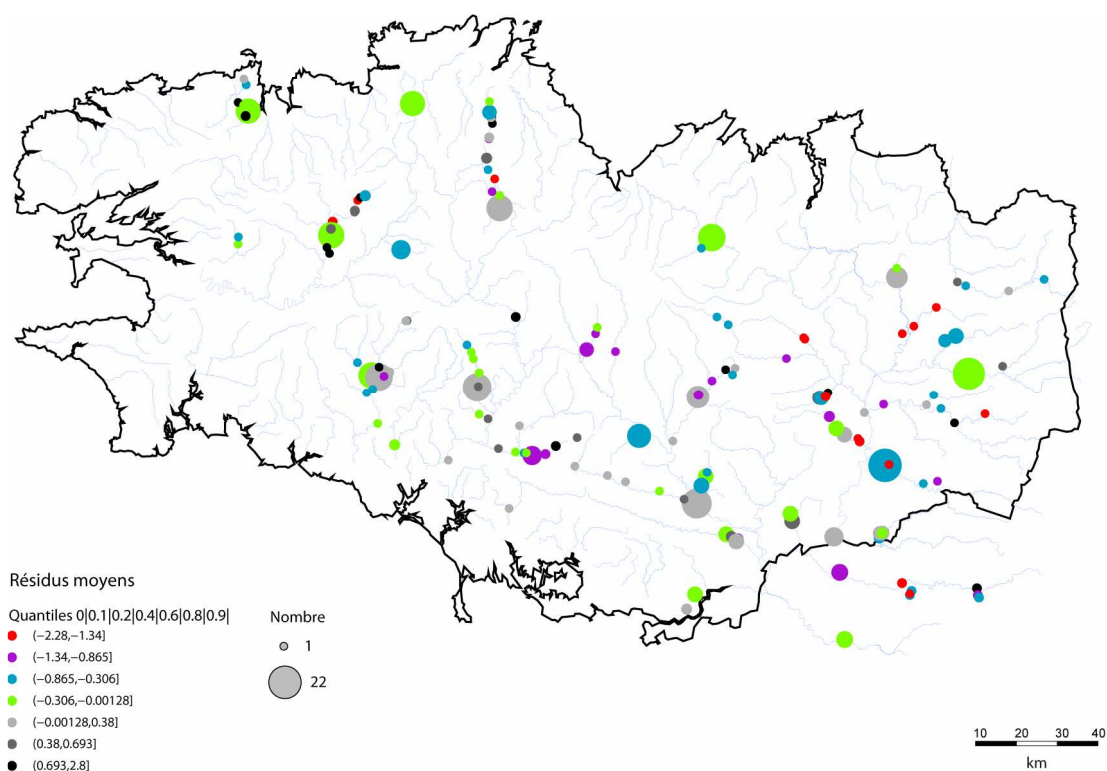


Figure 15 : Résidus moyens des densités en anguilles jaunes d'après le modèle gam. Le cercle le plus large correspond à un nombre élevé (22) d'opérations de pêche sur une même station. Elles correspondent le plus souvent à des stations du Réseau Hydrographique et Piscicole (RHP).

Analyse des variables du modèle ajusté retenu

L'analyse des AIC des variables explicatives utilisées dans le modèle est présentée **Tableau 8**. Le meilleur modèle intègre toutes les variables continues avec une transformation non linéaire. La méthode de prospection est le paramètre expliquant la plus grande part de déviance du modèle (écart à l'AIC pour le modèle nul de 550.3) viennent ensuite les variables « annee », « bassin » et « log_altitude ». Les autres variables répondent de manière assez similaire dans le modèle avec des écarts situés entre 197 et 219.

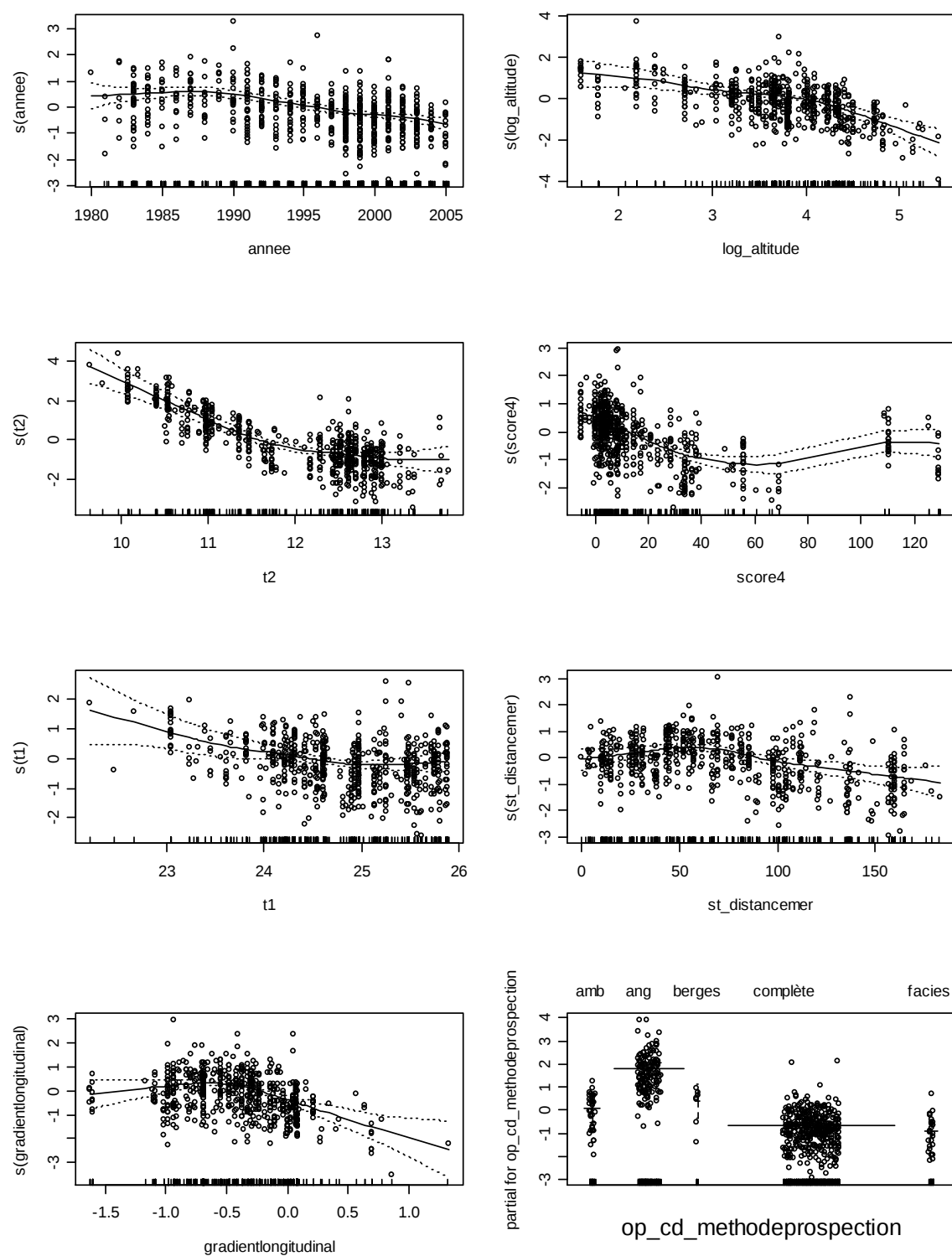
Tableau 8 : AIC du meilleur modèle retenu (densité ~ s(annee) + s(t2) + s(t1) + s(log_altitude) + s(score4) + s(st_distancemer) + s(gradientlongitudinal) + s(distancerelative) + bassin + op_cd_methodeprospection + op_cd_moyenprospection)

	Df	Deviance	AIC	Ecart AIC	% Ecart AIC
<none>		355.94	-1975.18		
op_cd_methodeprospection	4	717.73	-1424.84	550.34	27.86%
s(annee)	1	532.75	-1704.32	270.86	13.71%
bassin	8	541	-1705.59	269.59	13.65%
s(log_altitude)	1	519.98	-1724.03	251.15	12.72%
s(t2)	1	499.74	-1755.26	219.92	11.13%
s(distancerelative)	1	497.33	-1758.99	216.19	10.95%
s(score) (meilleur modèle)	1	490.68	-1769.24	205.94	10.43%
s(gradientlongitudinal)	1	489.4	-1771.22	203.96	10.33%
op_cd_moyenprospection	1	487.63	-1773.95	201.23	10.19%
s(st_distancemer)	1	485.98	-1776.50	198.68	10.06%
s(t1)	1	485.31	-1777.53	197.65	10.01%

Les courbes de réponses des variables explicatives (**Figure 16**) montrent que les densités en anguilles jaunes :

- 1- Diminuent de manière régulière entre 1980 et 2005 sur la région Bretagne ;
- 2- Diminuent en fonction de l'altitude ;
- 3- Diminuent pour de forts écarts de température entre le mois de juillet et de janvier (T2) et pour des températures élevées (T1 : t°C moyennes de janvier et de juillet) ;
- 4- Diminuent avec le cumul des notes de score des obstacles sur un axe et cela très rapidement ;
- 5- Diminuent selon l'éloignement à la marée dynamique. L'abondance en anguilles augmente avec la distance relative (avec l'éloignement à la source et pour de courtes rivières) ;
- 6- Diminuent selon un gradient longitudinal (avec le rapprochement à la distance source et avec la diminution des surfaces de bassin versant) ;
- 7- Les plus fortes densités concernent les pêches à pied et les pêches « anguille » ;

- 8- Varient en fonction du bassin. Les densités évoluent selon un gradient : les plus fortes densités apparaissent pour la Vilaine (J7) et les cours d'eau situés le long de la côte de la mer de la Manche (I2 et J0). Les densités semblent plus fortes sur la côte Sud et la Nord.



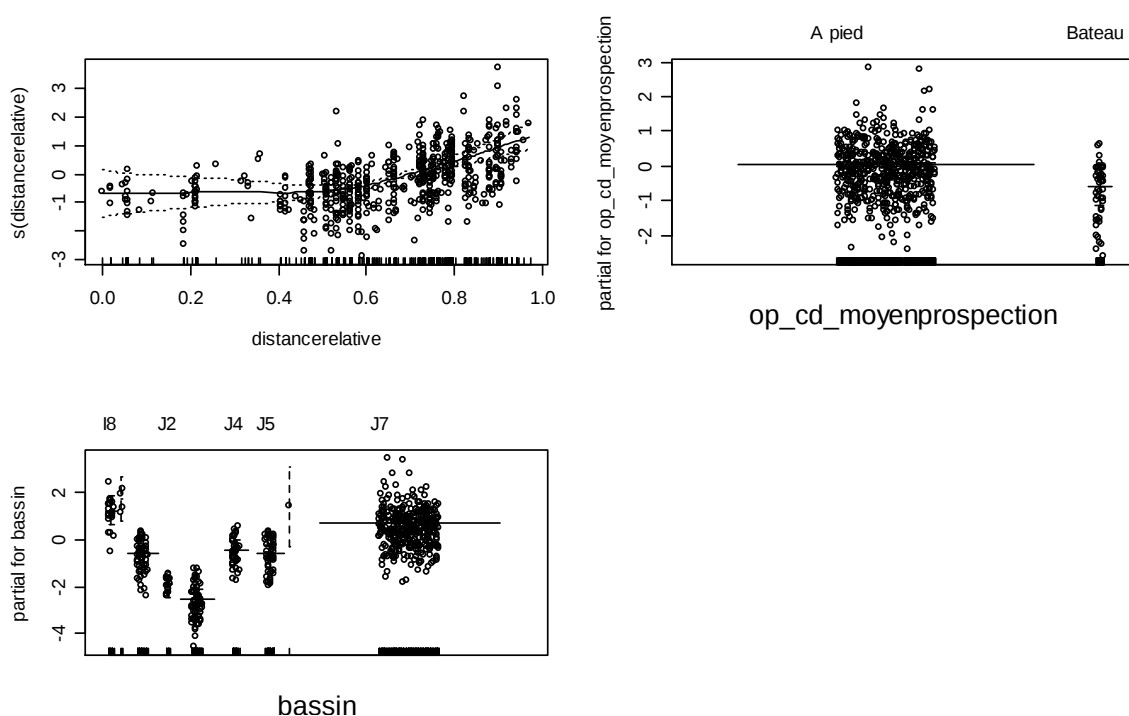


Figure 16 : Courbes de réponse des densités observées en anguilles jaunes en fonction de chacune des variables du modèle ajusté retenu.

Analyse des variables explicatives qualitatives

Les courbes de réponse du modèle ajusté montrent des fluctuations selon les méthodes, les moyens de prospection et l'effet du bassin. Les coefficients du modèle ajusté permettent d'estimer les facteurs entre deux variables qualitatives. Le facteur entre les pêches en bateau et les pêches à pied est de 1.9 (**Tableau 9**). Concernant les méthodes de prospection, le facteur entre les pêches « anguille » et les pêches complètes est de 11.8. L'effet du bassin est très conséquent, nous avons un facteur de 69 entre le bassin J0 et J3 et de 38 entre J0 et J2.

Tableau 9 : Coefficients du modèle ajusté et facteurs entre les variables qualitatives

Variables explicatives			Variables explicatives		
Coefficients			Facteurs		
(Intercept)					
Bassin	J0	0.454	Bassin : J0	I8	1.57
	J1	-1.862		J1	10.13
	J2	-3.179		J2	37.84
	J3	-3.776		J3	68.72
	J4	-1.684		J4	8.48
	J5	-1.810		J5	9.62
	J6	0.148		J6	1.36
	J7	-0.573		J7	2.79
Méthodes de prospection	Anguille	1.693	Méthode de prospection : Pêches "anguille"	Complète	11.78
	Berge	0.304		Ambiance	5.43
	Complète	-0.774		Berges	4.01
	Faciès	-0.973		Faciès	14.38
Moyens de prospection	Bateau	-0.646	Moyen de prospection: Pêches en bateau	A pied	1.91

V.3. Les prédictions en conditions pristes

V.3.1. Calcul des surfaces en eau

Pour passer des densités aux effectifs, nous avons calculé les surfaces en eau $S(i)$ de chaque bassin interbarrage i ($S = l \times L$ où, l la largeur de la lame d'eau et L la longueur du cours d'eau). Les largeurs de lame d'eau l ont été évaluées selon l'ordre de Strahler à partir d'une méthode GLM (Generalized Linear Model) (MCCULLAGHT & LELDER, 1989) avec un lien Gamma et une dispersion lognormale des résidus (**Tableau 10**). Le jeu de données est composé de 512 opérations qui renseignent de la largeur de la lame d'eau. Le coefficient de corrélation de Pearson est de 0.58 ($t = 15.8507$, $df = 505$, $p\text{-value} < 0.001$, intervalle de confiance à 95 % : 0.51-0.63). L'AIC obtenu est de + 2535 (Degré de liberté: 506 nul; 501 résidus; Déviance : nulle: 283.9, résiduelle: 175.3). L'analyse des intervalles de confiance révèle une variabilité plus grande pour les rangs de Strahler les plus élevés.

Tableau 10 : Largeur de cours d'eau (m) en fonction du rang de Strahler (modèle GLM Gamma) et intervalles de confiance

Rang de Strahler	Largeur cours d'eau (m)	Intervalles de confiance		
		Rang	2.5 %	97.5 %
1	4.48	(Intercept)	1.1817	1.8544
2	3.7	2	-0.5971	0.1785
3	4.31	3	-0.4162	0.3052
4	7.49	4	0.1792	0.9116
5	12.38	5	0.5910	1.4258
6	30.95	6	1.1440	2.8975

V.3.2. Création d'un jeu de données de barrages et des bassins sans barrage pour la prédiction

Le modèle théorique de prédiction des données de densités est utilisé au niveau des 1993 obstacles actuellement recensés en Bretagne, auxquels sont ajoutés 268 données correspondant à la surface de bassins versants non équipés de barrages et situés sur des bassins côtiers.

V.3.3. Prédiction historiques et en conditions pristes

La simulation de l'effacement des barrages permet de faire des prédictions de ce que seraient les densités dans une situation priste. La situation repose dans notre étude sur une situation sans l'effet des obstacles et en référence à une densité maximale (en 1980). La carte des prédictions en 2004 et en 1980 avec et sans les obstacles est présentée en **Figure 17**. Dans la situation actuelle (en 2004), nous sommes à 20 % des densités en conditions pristes (**Tableau 11**) et 26 % des effectifs (**Tableau 12**). Les bassins ne sont pas

dans des situations identiques en terme d'effectif en anguilles jaunes. Le bassin J6 se situe dans l'état actuel à 34 % des effectifs en situation pristine alors que le bassin J5 est seulement à 14 %. La simulation des effectifs dans la situation actuelle mais sans obstacles montre que nous serions à 38 % des effectifs en situation pristine. Pour atteindre 40 % des effectifs, nous devons atteindre une densité de 5.1 ang/100 m², situation identique à une situation sans obstacles soit, en terme d'effectif 7 836 078 anguilles sur l'ensemble de la Bretagne.

Tableau 11 : Prédiction des densités d'anguilles jaunes par bassins en 2004 et en 1980 avec ou sans obstacles.

Prédiction des densités en anguilles jaunes (ang/100 m ²)					
2004					
Bassin	Densités	% situation pristine	2004 sans obstacles	1980	1980 sans obstacles
I8	4.1	31.3%	5.0	11.0	13.2
J0	7.9	20.5%	14.4	20.9	38.3
J1	2.7	17.5%	5.8	7.2	15.5
J2	1.0	16.3%	2.4	2.7	6.3
J3	1.0	18.9%	2.0	2.7	5.3
J4	3.5	24.3%	5.4	9.2	14.3
J5	0.8	11.2%	2.6	2.0	6.9
J6	9.8	32.6%	11.3	25.9	30.0
TOTAL	3.09	19.7%	5.18	8.22	13.77

Tableau 12 : Prédiction des effectifs d'anguilles jaunes par bassins en 2004 et en 1980 avec ou sans obstacles.

Prédiction des effectifs en anguilles jaunes					
2004					
Bassin	Effectifs	% situation pristine	2004 sans obstacles	1980	1980 sans obstacles
J0	1 202 023	27.8%	1 626 056	3 194 166	4 320 961
J1	366 489	25.4%	543 493	973 882	1 444 240
J2	85 427	29.2%	110 215	227 009	292 880
J3	264 410	23.8%	418 187	702 624	1 111 259
J4	784 660	30.7%	962 671	2 085 099	2 558 131
J5	137 066	13.8%	374 849	364 230	996 097
J6	261 381	33.9%	290 172	694 577	771 081
J7	1 942 176	24.0%	3 046 501	5 160 994	8 095 545
TOTAL	5 043 636	25.75%	7 372 148	13 402 582	19 590 194

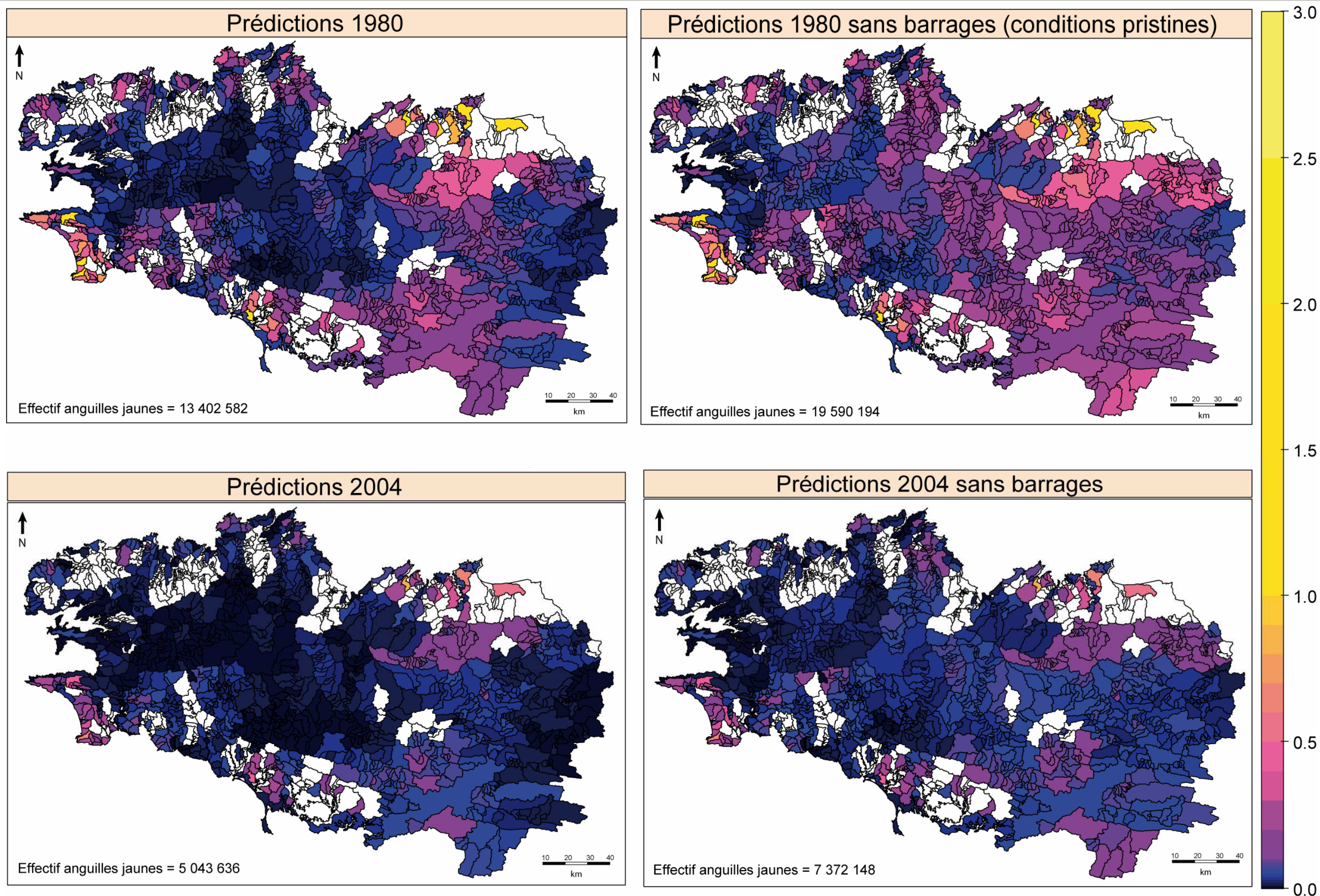


Figure 17 : Prédiction des effectifs en anguilles jaunes sur les bassins interbarrages. Prédiction 2004 (situation actuelle). Prédiction 2004 sans obstacles. Prédiction 1980 (avec les obstacles). Prédiction 1980 sans les obstacles (en conditions pristesines).

V.4. Modélisation de la structure en classes de taille des anguilles

La modélisation de la structure en taille (modèle multinomial) utilise 537 opérations de pêche réparties sur 145 stations. Le modèle testé est basé sur le modèle ajusté. L'examen des résidus montre une donnée aberrante correspondant à une pêche anguille en 1982 (ELIE et RIGAUD, 1984) avec une densité très faible.

Le modèle quasipoisson utilise 582 opérations de pêche réparties sur 155 stations de pêche. Le modèle testé est basé sur le modèle ajusté en y intégrant en plus la variable « surface échantillonnée » afin de pondérer les données d'effectif obtenues. Les cartographies des variables dépendantes (effectifs, densités ou structure en densité et en effectifs) sont présentées en Annexe IX. Une fois converties en densité, les données d'effectif du modèle quasipoissonien présentent des valeurs moyennes en densités plus proches des valeurs réelles (densités mesurées) que le modèle multinomial (**Tableau 13**). Ces résultats montrent qu'il est possible d'effectuer des prédictions sur un plus grand nombre de classes de taille et d'ajuster notre modèle sur les classes de taille en utilisant une méthode VGAM, selon un modèle quasipoissonien, disponible sous R.

Tableau 13 : Résultats de la méthode VGAM des modèles multinomial et quasipoisson (densités médianes des stations et structure en classes de taille des densités). Les variables dépendantes sont les classes de taille.

Modèle	Classes de taille (mm)	Médianes
Données observées	Densités prédites sur les stations (ang/100 m ²) – Total : 2.95	
	< 150	0.00
	[150_300[	1.25
	[300_450[	1.30
	> 450	0.40
	Structure en densités prédites %	
	< 150	0.0
	[150_300[	26.0
	[300_450[	27.0
	> 450	8.3
Multinomial	Structure en densités prédites %	
	< 150	1.8
	[150_300[	34.5
	[300_450[	37.2
	> 450	20.3
Quasi-Poisson	Densités prédites sur les stations (ang/100 m ²) - Total : 2.84	
	< 150	0.05
	[150_300[	1.14
	[300_450[	0.97
	> 450	0.45
	Structure en densités prédites %	
	< 150	0.0
	[150_300[	40.1
	[300_450[	8.9
	> 450	15.9

V.5. Elaboration de critères de décision

Sur la base du modèle ajusté, nous avons déduit des critères d'évaluation de l'impact migratoire calés sur la relation entre le cumul des scores (dénivelé + rugosité + profil + berge) sur un axe, et l'impact par rapport à une situation sans obstacle ($\%SPR = D/D_0$ avec D , la densité actuelle et D_0 , la densité en conditions pristines). Pour atteindre un $\%SPR$ de 40 % en tout point du réseau hydrographique breton, le cumul du score moyen sur un axe doit être au maximum de 22 (**Figure 18**). Considérant le dénivelé médian de 0.75 m des barrages en Bretagne, cette réduction est atteinte après 17 ouvrages non équipés. Cette règle de décision permet en chaque point du réseau hydrographique de calculer un équivalent en $\%SPR$ à partir du cumul des scores obtenus sur les obstacles en aval. La **Figure 19** donne pour l'ensemble des obstacles de la Bretagne, les $\%SPR$. La règle de gestion définie dans cette étude permet de visualiser rapidement les $\%SPR$ des obstacles. Certains axes arrivent à des $\%SPR$ supérieurs à 90%.

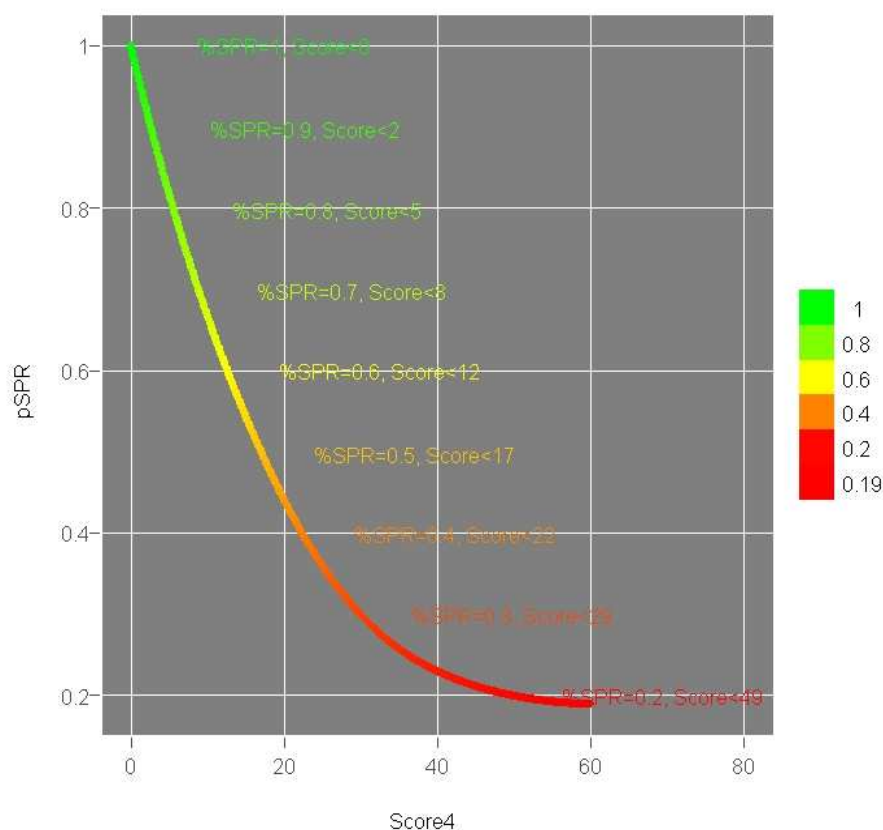


Figure 18 : Règle de gestion calée sur le score (score4 : dénivelé + rugosité + profil + berge) en fonction de l'équivalent $\% SPR$.

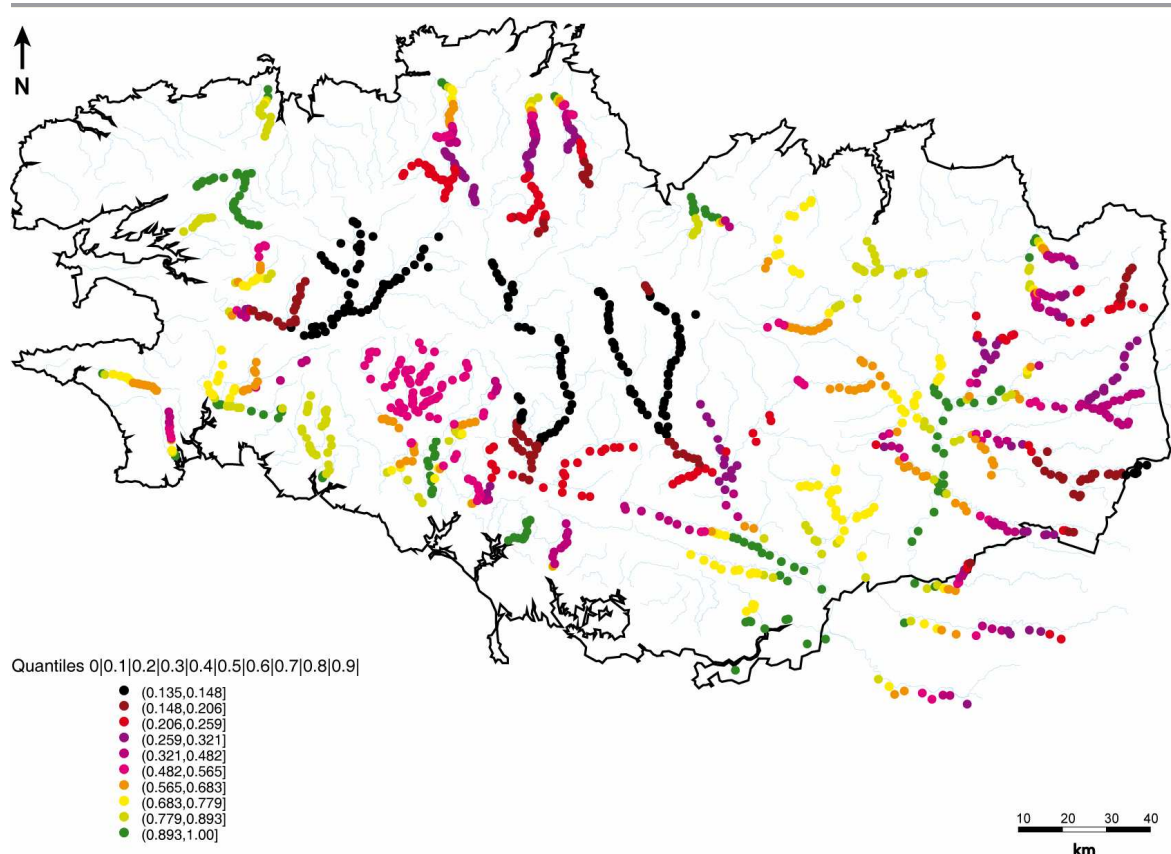


Figure 19 : % SPR des axes migratoires dans la situation actuelle au niveau de tous les obstacles.

CHAPITRE VI : DISCUSSION

VI.1. Validation de la grille de notation proposée par STEINBACH

Notre jeu de données ne nous permet pas d'évaluer le poids et la pertinence de chacune des variables utilisées dans la grille de notation de STEINBACH pour la prédiction des densités observées du fait de variables corrélées entre elles. Pour le faire, il faudrait idéalement une opération de pêche entre chaque obstacle. Néanmoins, l'analyse des critères de la grille de notation de STEINBACH a montré que la variable discrète du dénivelé rendait mieux compte des densités en anguilles jaunes que la variable hauteur (nombre entier). Il serait donc intéressant de préciser le critère « hauteur » dans la grille de notation. Néanmoins, les critères retenus dans la grille de notation proposée par STEINBACH sont suffisamment objectifs et quantifiables pour prédire les densités dans le cadre de cette étude.

VI.2. Méthode de prospection

Les méthodes de prospection influent sur l'efficacité de la pêche, un facteur de 11.8 a été mise en évidence entre les pêches indice ponctuel d'abondance anguille réalisées par l'IAV et les pêches complètes réalisées par l'ONEMA. Le facteur intègre le fait que les pêches « anguilles » n'ont été effectuées qu'à partir de 1998. Des tendances similaires ont été montrées par KNIGHTS avec un facteur de 5 entre l'efficacité des pêches classiques et les pêches « anguille » (KNIGHTS *et al.*, 2001). Un tel facteur n'est pas surprenant puisque les données de pêches électriques issues de BDMAP apparaissent comme peu précises du fait de la diversité des modes de prospection et du caractère non ciblé de l'espèce pêchée (CHANCEREL, 1994). Ces pêches n'ont pas comme objectif premier d'évaluer les stocks piscicoles mais de caractériser le peuplement en place (CHANCEREL, 1994). De plus, l'efficacité des pêches varie avec le degré d'attention porté à la recherche d'anguilles. La vitesse de prospection d'une station va donc fortement influencer sur l'efficacité de l'opération puisque l'anguille n'a pas une réaction optimale face à la stimulation électrique et est souvent au gîte pendant journée. La capture d'anguilles argentées est rare car les géniteurs se gîtent dans des habitats plus profonds et restent sédentaires.

Un protocole d'échantillonnage pour évaluer les stocks d'anguilles, basé sur un Echantillonnage d'Abondance par Point (EPA), a été récemment proposé (LAFFAILLE *et al.*, 2004b; ARAGO, 2007) et est actuellement mise en place sur l'ensemble du territoire

breton, protocole déjà mis en place depuis 1998 sur le bassin versant de la Vilaine par l'Institut d' Aménagement de la Vilaine.

VI.3. Approche générale de l'indicateur pour caractériser l'impact migratoire sur le stock d'anguille européenne à l'échelle des bassins

L'objectif de cette étude était de mettre au point un indicateur pour caractériser l'impact migratoire à l'échelle du territoire de la Bretagne, fondé sur les densités et les effectifs en anguilles jaunes et applicable sur l'ensemble du réseau hydrographique. Nous nous sommes orientés vers un indice intégrant des paramètres environnementaux d'une part et une mesure de l'impact des obstacles à la libre circulation basée sur des paramètres physiques d'autre part. Cet indice doit prédire la structuration de la distribution spatiale des anguilles et leur évolution des effectifs dans le temps. Cela étant, il était essentiel, comme démontré au cours de cette étude, de prendre en compte l'ensemble des facteurs, tels que les obstacles à la libre circulation des anguilles à la montée.

L'indicateur obtenu fournit une évaluation pertinente des densités en chaque point des obstacles sur un axe selon la diminution exponentielle des densités en fonction de la distance à la mer, du cumul des obstacles, de l'altitude, des conditions thermiques et du gradient longitudinal. Nous n'avons pas réussi à montrer une relation cohérente entre le recrutement fluvial et les densités en anguilles jaunes sur le bassin de la Vilaine même si les périodes de fort recrutement (manœuvres d'écluse entre 1986 et 1990 et depuis 1996 avec la construction d'une passe à anguille) se traduisent par des densités plus fortes. Des incertitudes demeurent quant au recrutement fluvial sur la Vilaine avant la construction de la passe à anguille en 1996.

Par ailleurs, l'indice permet de modéliser les densités ou les effectifs en conditions pristines. Au vu des faibles abondances observées actuellement et de la grande difficulté de déterminer la production pristine d'un bassin et d'y faire référence, la Commission européenne a fixé un objectif de retour progressif en terme d'abondance en anguilles jaunes dans les années 1980. Les conditions pristines correspondent donc dans cette étude à une situation dans les années 1980 sans l'impact des obstacles.

Cette situation historique doit être bien différenciée de la situation pristine. En effet, ces références historiques sont issues de contextes caractérisés par la présence parfois non négligeable de pressions d'origine humaine. Ceci étant, au moins dans un premier temps, ces références historiques peuvent permettre de fixer des objectifs parlants pour les acteurs (RIGAUD, 2007b) et de fixer un premier niveau de cible à atteindre en partant d'une

situation que l'on sait très dégradée. L'utilisation de cet indicateur aura pour effet de faire prendre conscience très concrètement et avec des repères parlants pour les acteurs locaux des efforts à accomplir pour rétablir la situation. Leur atteinte ne peut s'envisager avant plusieurs décennies, ce qui laisse le temps pour préciser les cibles optimales constituées par la référence à une situation pristine et affiner les techniques d'évaluation (RIGAUD, 2007b).

Cette approche est compatible avec les objectifs du Règlement du Conseil européen pour la reconstitution du stock d'anguilles européennes qui demande aux états membres d'atteindre 40 % de biomasse de géniteurs s'échappant vers la mer. Dans cette étude, nous avons montré que dans la situation actuelle, les barrages et la baisse du recrutement sont responsables d'une diminution en terme d'effectifs, évaluée à 26 % de la situation historique sans obstacles. Il serait théoriquement possible d'atteindre la cible de 40 %, c'est-à-dire compenser la chute des densités liée à la baisse du recrutement, en supprimant l'ensemble des obstacles. Mais cet indicateur n'est prévu que pour analyser l'effet des obstacles, cette cible ne serait donc obtenue que si tous les autres facteurs de mortalités anthropiques étaient nuls notamment les facteurs de mortalités intervenant avant le suivi des densités (pêches civellières et mortalités liées au stade anguilles jaunes). Il faudrait également annuler les mortalités d'origine anthropique intervenant lors de la phase de dévalaison (problèmes liés aux turbines).

En terme d'effectif, l'écart entre les effectifs actuels et pristines révèle une diminution assez réduite des effectifs en anguilles jaunes dans les rivières. En effet, d'après les données sur le recrutement fluvial, nous serions à 5 % du recrutement en conditions pristines, soit une diminution de 95 %. Par contre, d'après nos prédictions, nous sommes à 26 % de la production pristine, soit une diminution de 74 % des abondances d'anguilles jaunes par rapport au début des années 1980.

VI.4. Les biais de l'indicateur

Le calcul de la proportion d'anguilles produites par rapport à des conditions sans impact anthropique est un calcul simplifié qui ne rend pas compte de la réalité complexe de la dynamique de population. Dans le cas de la Bretagne, en l'absence de données historiques concernant les pêcheries d'anguilles jaunes, l'indicateur de colonisation est fondé sur une série chronologique des abondances reconstituée sur la base des données historiques de pêches électriques. De ce fait, la mesure de la production sans impacts anthropiques n'est pas tout à fait exacte.

D'une part, le fait de remonter jusque dans les années 1978 est discutable ; certains auteurs disent que le déclin du stock d'anguille européenne a commencé bien avant les années 1978. Les données de captures totales montrent que les captures maximales des pêcheries civellières ont eu lieu en 1978, néanmoins d'autres sources de Captures Par Unité d'Effort (CPUE) (comm. pers. BEAULATON, 2007) ou des suivis indépendants des pêcheries (DEKKER, 2001, in press) montrent que le déclin aurait commencé avant. La vraie chute, très importante et observée partout en Europe a eu lieu dans les années 1980. De ce fait, on peut penser que remonter jusque dans les années 1980 est une bonne approximation pour évaluer les densités pristines.

D'autre part, même en supprimant l'effet des obstacles à la migration d'avalaison, d'autres facteurs de mortalité existent et ne sont pas pris en compte dans cette étude. On peut les classer en deux catégories.

Il s'agit tout d'abord des facteurs de mortalité intervenant avant le suivi des densités dans le cycle de vie de l'anguille et pouvant influencer sur les densités elles mêmes c'est-à-dire les pêches et mortalités aux stades civelles et anguille jaune. D'autres mortalités, plus faciles à intégrer à cette étude interviennent lors de la phase de dévalaison. Il s'agit par exemple des mortalités dues aux turbines. Certains modèles ont été développés pour prédire l'effet des mortalités lors des dévalaisons d'anguilles en fonction des caractéristiques physiques des ouvrages et des turbines. Ces modèles buttent pour l'instant dans leur application sur l'absence de connaissance de candidates à la dévalaison présentes au niveau de chaque ouvrage. Le modèle développé dans le cadre de ce stage pourra naturellement être utilisé pour prédire le nombre d'anguilles susceptibles de dévaler dans chaque tronçon interbarrage.

Ensuite, les problèmes liés à la densité-dépendance sont négligés par cet indicateur. Néanmoins, les rares études de dynamique de population à l'échelle d'un bassin versant portant sur une échelle de temps longue ont toutes mises évidence un phénomène de densité dépendance régulant la biomasse produite (VØLLESTAD et JONSSON, 1988; LOBÓN-CERVIA *et al.*, 1995; DE LEO et GATTO, 1996). La présence d'un barrage limite la population en amont et constitue le facteur le plus structurant des populations de long d'un axe. Le blocage des anguilles dans la partie aval ne se traduit pour autant pas par une mortalité de toutes les anguilles, et s'il est possible de simuler l'effet des obstacles sur la diminution des densités d'anguilles en amont, la prédiction de l'effet de cet obstacle sur la production d'anguilles d'un bassin n'est pas directe. Des phénomènes densités dépendants, mal connus vont probablement tendre à accroître la mortalité et à biaiser le

sexe ratio des anguilles accumulées en aval de l'obstacle. La nature densité dépendante de ces phénomènes implique qu'ils interviendront de manière différente, en fonction de la distance à limite de marée dynamique, et surtout en fonction de l'intensité du recrutement qui a diminué au fil des années et qui varie en fonction de la position géographique de l'embouchure des bassins. Au-delà de la mortalité et du sexe ratio, la densité dépendance intervient également sur la migration. Par exemple sur la Vilaine, la pêche à civelle et le passage de civelles au niveau du barrage d'Arzal via l'écluse ou la passe à anguilles sont deux facteurs qui conditionnent le recrutement fluvial. Séparer l'effet du facteur captures de la pêche et le facteur franchissement n'est pas chose aisée car il a été démontré que les montées sur la passe étaient conditionnées par un tel effet densité dépendant, c'est-à-dire que le nombre de civelles échappant à la pêche conditionnait l'efficacité de la passe comme voie de franchissement.

Pour finir, des incertitudes demeurent concernant l'indicateur. La corrélation entre densités observées et prédites est de 0,76. Un examen plus approfondi de cette relation montre que pour des densités faibles, les densités prédites sont toujours faibles, c'est-à-dire que le modèle prédit bien l'effet des facteurs conduisant à diminuer les densités et notamment l'impact anthropique. La majeure partie de la dispersion vient du fait que dans les secteurs où les densités fortes peuvent être observées (parties aval des bassins), il existe une grande variabilité liée à l'habitat sur les densités d'anguilles. Certains facteurs définissant l'habitat à l'échelle stationnelle et qui pourraient améliorer la prédiction (substrat, présence de végétation aquatique, profondeur, vitesse de courant) ne sont pas inclus dans l'analyse car il y a trop de données manquantes parmi les données source extraites de BDMAP. De plus, la corrélation entre largeurs de lame d'eau observées et prédites est de 0,58. Des incertitudes demeurent ainsi sur l'estimation des surfaces en eau des bassins interbarrages, c'est-à-dire qu'une bonne part de la variabilité de la surface n'est pas expliquée par notre modèle très simple prenant seulement en compte le rang de Strahler. Cette incertitude n'est pas très importante car les mêmes biais s'appliquent dans le calcul des conditions actuelles, sans impact anthropique et historique. Mais il faut convenir qu'en valeur absolue, l'estimation des effectifs est très incertaine.

Par exemple, notre indicateur donne probablement des productions biaisées dans les milieux profonds et à l'aval des fleuves. La production d'un milieu profond ne peut pas être comparée à celle d'une zone peu profonde qui constitue l'essentiel des pêches électriques. Or, la population d'anguilles pré-migrantes (grosses anguilles) se concentre dans les zones profondes. De plus, il est impossible de réaliser des pêches électriques en

milieu salé. Or, c'est dans les estuaires que se concentre la ressource surtout dans la situation actuelle de faible recrutement. En plus, les habitats côtiers n'ont pas été pêchés dans les années 1980. De ce fait, les densités estimées moyennes faites sur les milieux côtiers sont certainement surévaluées du fait que nous ne prenons pas en compte la densité dépendance (saturation du milieu d'accueil). Beaucoup d'incertitudes persistent à ce sujet et c'est une question qu'il faudra se poser. Pour cela, il faudra avant tout se pencher sur le calcul des surfaces en eau en zones estuariennes.

Depuis le début des pêches électriques (1978 pour les premières), les méthodes de pêche ont été amenées à évoluer. L'efficacité de pêche s'est améliorée au fil des années avec l'acquisition des connaissances sur la biologie de l'anguille, avec l'amélioration du matériel utilisé et avec l'expérience. Les pêches réalisées entre 1978 et 1992 (avant l'élaboration d'un protocole précis des pêches qui a été mis en place dans le cadre du Réseau Hydrologique et Piscicole RHP) sont à prendre avec précautions, d'autant plus que les opérateurs n'avaient pas à respecter un protocole toujours bien établi. Il est donc possible que la chute des effectifs d'anguilles ait été compensée par une moins bonne efficacité des pêches historiques vis-à-vis de cette espèce. Les pêches RHP présentent des résidus moyens ce qui indique leur poids dans le calcul du modèle (plusieurs dizaines de station) qui force probablement l'effet du bassin ; il faut donc se poser la question de la représentativité de l'habitat de ces stations qui ont un fort poids sur le modèle. En effet, certaines stations peuvent représenter des secteurs particuliers : station à l'aval ou à l'amont immédiat d'un obstacle, d'une station d'épuration... avec des densités plus ou moins fortes (station près du moulin de Begasson, sur la Claie et du moulin de Gueveneux sur l'Arz par exemple avec des densités très élevées).

Pour conclure, l'indicateur simplifié produit dans le cadre de ce travail ne traduit probablement pas la réalité concernant la production de géniteurs des bassins mais il constitue une méthode homogène pour simuler la distribution géographique d'une espèce à l'échelle d'un bassin, et donc une approche quantifiée de l'impact des ouvrages sur la libre circulation à la montée. La méthode proposée ne permettra donc pas de répondre à la question posée par la commission et d'autres méthodes basées sur des modèles de suivi de pêcheries permettent de modéliser les biomasses produites en estuaire et devront également être utilisés. Quoiqu'il en soit, il reste plus intéressant d'utiliser un indicateur, même biaisé, pour évaluer la situation d'un bassin plutôt que de se contenter d'évaluations quantitatives dont la marge d'incertitude est encore plus floue.

VI.5. Comparaison avec d'autres méthodes

Notre modélisation s'est basée de nombreux facteurs naturels et un facteur anthropique, la présence et les caractéristiques des obstacles. D'autres méthodes ont été proposées.

Sur le bassin de la Loire, la méthode consiste à analyser l'occurrence par classes de taille. Cette occurrence semble un moyen efficace pour caractériser l'état et les fluctuations du recrutement fluvial ainsi que l'effet des obstacles (LASNE, 2007). Elle permet d'utiliser des données de type EPA, protocole récent qui ne présente pas de données historiques.

Des recherches sont actuellement en cours sur le bassin Garonne-Dordogne qui consiste à expliquer la répartition spatiale des anguilles de moins de 300 mm à travers l'analyse des données du RHP de l'ONEMA en termes d'occurrence et d'abondance. Les variables retenues sont la distance à la marée dynamique, la distance relative, le nombre de barrages en aval, l'année de capture ainsi que le sous bassin d'appartenance de la station et les interactions entre les deux (IMBERT, 2007, non publié). La méthode n'est pas adaptée pour expliquer les densités selon l'impact des obstacles. En effet, les caractéristiques détaillées des obstacles (dénivelé et critères de la grille de notation de la franchissabilité des anguilles) ne font pas partie des variables choisies, seul le nombre d'obstacles apparaît. Les recherches se poursuivent et les données de pêche entre 1978 et 1994 vont être intégrées au modèle.

D'autres méthodes ont été mises au point sur plusieurs rivières de Grande-Bretagne (IBBOTSON *et al.*, 2002) où il a été montré qu'un modèle de distribution de l'anguille doit dépendre des critères : âge, température, difficultés de migration, qualité des habitats et densité d'anguilles. Le modèle prend ainsi en compte le phénomène de densité-dépendance dans ses variables en y intégrant les densités d'anguilles présentes sur la station de pêche.

SMOGOR a examiné la distribution et l'abondance de petites, moyennes, et grandes anguilles Américaines (*anguilla rostrata*) dans des rivières de la Virginie (USA) sur la base d'un modèle. Il a montré que sur une grande échelle spatiale, les densités des petites et moyennes anguilles n'étaient pas liées fortement et de manière uniforme aux caractéristiques locales (type d'habitat, abondance de couverture, température de l'eau, densité des prédateurs) (SMOGOR *et al.*, 1995). Par contre, sur une petite échelle, quelques relations entre les densités et l'habitat ont été mises en évidence.

Finalement, des variables pourraient être ajoutées dans notre modélisation notamment peut-être pour prendre en compte d'autres critères tels que la qualité des habitats, l'âge des

anguilles, la densité d'anguilles... La modélisation pourra être affinée lors de son application dans d'autres bassins français ou européens.

VI.6. Règle de gestion

Notre indicateur complet est bien plus complexe que le critère de décision et plus réel. Néanmoins, la règle de gestion permet de définir un critère de décision simple applicable sur un axe.

Ce modèle permet d'évaluer l'efficacité de l'ouverture d'un obstacle pour la franchissabilité de l'anguille (arasement d'un obstacle ou construction d'une passe à anguille) sur un bassin en comparant les densités avec ou sans l'obstacle. Ce modèle peut permettre d'orienter les choix dans les plans de gestion notamment à l'aide de la règle de gestion définie au sein de cette étude. Des scénarios peuvent très facilement être envisagés. Sur un axe, on pourra réaliser une évaluation coût et gain biologique potentiel de chacun des aménagements proposés à l'aide de notre règle de gestion. Cette évaluation permet en effet d'identifier les problèmes migratoires les plus pénalisants, de comparer les pertes qui en résultent et les gains potentiels qui pourraient être obtenus en terme d'effectif en anguilles jaunes soit dans des bassins différents, soit au sein d'un même bassin pour les affluents ou les tronçons qui le composent. Elles constituent une aide pour établir une hiérarchisation des actions à mettre en œuvre dans le cadre d'un plan de gestion.

Réaliser des aménagements sur les ouvrages à la montée ne suffit pas pour atteindre les objectifs définis dans le Règlement européen, il s'agira également d'équiper les obstacles d'ouvrages de dévalaison. Une des règles de gestion qui pourrait être proposée est d'équiper en priorité les ouvrages munis d'un dispositif de franchissement à la dévalaison, règle que nous n'avons pas prise en compte dans notre modèle. En effet, aménager des obstacles pour la montée permet d'augmenter les densités en place dans un bassin mais ne permettra pas d'atteindre la cible de 40 %... encore faut-il que les géniteurs puissent s'échapper vers la mer sans difficultés.

L'article 2 du Règlement européen précise que pour chaque bassin où l'on trouve des anguilles, les Etats membres prépareront un Plan de Gestion Anguille. Par rapport à la question de l'échelle sur laquelle sera appliquée les Plans de Gestion, en Bretagne, l'état de référence peut être défini selon trois niveaux de précision : à l'échelle de la région Bretagne, de grands ensembles hydrographiques ou des bassins. Les grands ensembles hydrographiques sont présentés **Figure 20**. Ils sont définis selon la direction générale d'écoulement des eaux et traduisent assez bien les grandes zones d'arrivée du flux de

civelles. Le niveau de précision définis dans cette étude pour définir les densités et les effectifs en conditions pristines s'est fait à l'échelle des bassins (**Figure 6**). La mise au point de Plans de Gestion par bassins paraît le plus cohérente puisqu'il s'agit de l'échelle la plus fine et que nous avons montré dans cette étude que déjà, des différences importantes apparaissent à ce niveau entre les bassins.

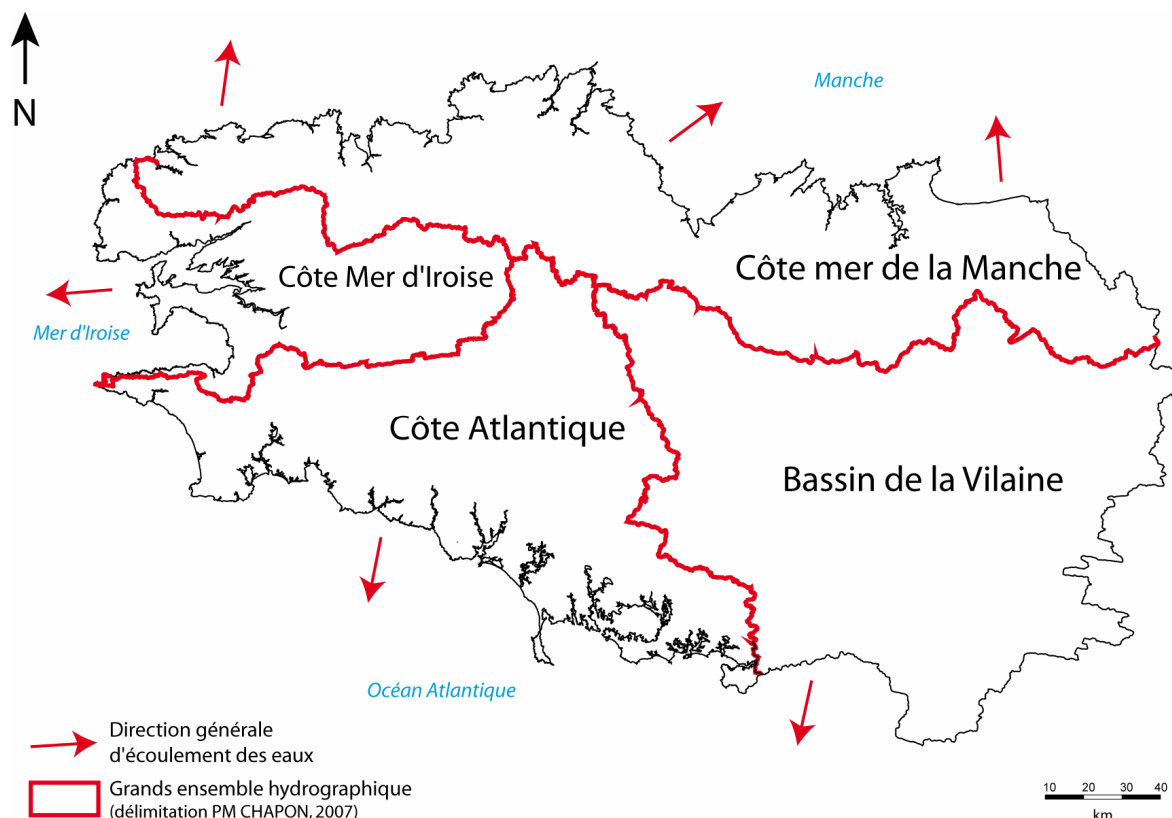


Figure 20 : Grands ensembles hydrographiques définis selon la direction générale d'écoulement des eaux.

VI.7. Développements futurs

Des études supplémentaires peuvent être dès maintenant envisagées pour atteindre un indicateur en biomasse de géniteurs afin de répondre tout à fait aux objectifs définis par le Règlement pour la reconstitution du stock d'anguille européenne.

Il sera nécessaire d'aller plus loin dans la prédiction des densités puisqu'il s'agit de donner la cible en biomasse de géniteurs. Il faut alors se poser la question de transformer les données d'effectif en anguilles jaunes en biomasse de géniteurs c'est à dire de connaître la relation entre effectif (toutes tailles et âges confondus) et production d'anguilles dévalantes. La relation n'est pas évidente sauf si on néglige les phénomènes densité dépendants. Deux solutions peuvent être proposées pour évaluer la biomasse en géniteur : soit, admettre un taux de géniteurs de 5 % mais cette approximation n'est pas précise, soit évaluer la densité de géniteurs à l'aide de la structure en taille d'anguilles jaunes observées

dans les différentes parties du bassin. Nous avons pu montrer dans cette étude qu'il était possible de réaliser les prédictions des densités par classe de taille. A partir de la distribution en classes de taille, il est possible de déterminer le taux de mortalité moyen des anguilles à l'aide d'une modélisation réalisée par le CEMAGREF de Bordeaux (LAMBERT, 2005). Mais, il est nécessaire de faire une hypothèse sur le sexe ratio des anguilles après différenciation sexuelle. En effet, les tailles d'anguilles argentées sont différentes en fonction du sexe, et la structure en taille est donc déterminée par le sexe ratio de la population. Pour pouvoir déterminer la production de chaque zone géographique, il serait donc utile de pouvoir modéliser le sexe ratio de la population. Ce dernier évolue en fonction des densités (PARSONS *et al.*, 1977; VØLLESTAD et JONSSON, 1988; DE LEO et GATTO, 1996) et de l'habitat (OLIVEIRA *et al.*, 2001).

La méthodologie appliquée ici peut tout à fait être appliquée pour d'autres bassins versants français et européen. La principale difficulté consiste à formater les données dans une base dont la structure serait identique à celle utilisée dans le cadre de ce projet. Tous les bassins français et européens ne se situent pas au même niveau de connaissance, notamment pour le recensement des obstacles. Ainsi, en l'absence d'informations détaillées sur les obstacles, le dénivelé des obstacles peut seul permettre d'aboutir à un modèle efficace. Nous avons montré dans cette étude qu'un modèle ajusté plus simple qui prend en compte uniquement la hauteur du barrage révèle un coefficient de corrélation de 0.75 ce qui paraît suffisant pour prédire l'impact des barrages.

L'objectif de l'indicateur est d'obtenir une évaluation standardisée de l'impact des obstacles migratoires à la montée et à la descente pour le stade anguille jaune. Dans cette étude, nous avons uniquement traité les problèmes des obstacles à la montée. Il faudra poursuivre le travail sur les mortalités d'anguilles argentées liées à la présence de turbines ; pour cela, un premier travail consiste à collecter les données sur les turbines auprès des propriétaires sur l'ensemble de la Bretagne.

CHAPITRE VII : CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de développer un indicateur pour caractériser l'impact migratoire sur le stock d'anguilles européennes à l'échelle des bassins en simulant l'effet des obstacles et de la baisse du recrutement sur les densités en anguilles jaunes.

Nous avons mis en évidence un facteur de 3.9 entre les effectifs de 1980 et les effectifs de 2004. Nous sommes dans la situation actuelle à 26 % de la situation en conditions prêtes alors que le taux de recrutement actuel par rapport au recrutement fluvial en condition prêtre se situe à 5%. Ainsi, le retour à une biomasse de géniteurs s'échappant vers la mer de 40 % ne semble pas si éloigné. Néanmoins, les 40 % fixés par le Règlement du Conseil européen pour la reconstitution du stock d'anguilles européennes sont définis pour une cible en biomasse de géniteurs , et dans cette étude la cible est définie en effectifs d'anguilles jaunes ce qui n'est pas tout à fait comparable. Les recherches doivent se poursuivre afin de répondre tout à fait aux objectifs du Règlement qui donne une cible en biomasse de géniteurs.

Bien que le Règlement européen préconise la mise en place de Plans de Gestion Anguilles ayant pour objectif d'atteindre une biomasse de géniteurs s'échappant vers la mer de 40% par rapport aux conditions prêtes, aucune méthode standard n'est actuellement proposée pour définir les moyens à mettre en oeuvre. La méthodologie développée dans le cadre de cette étude est très prometteuse. Du fait que l'indicateur mis au point intègre de nombreux critères naturels, la méthodologie est potentiellement transposable aux autres bassins français et européens. Tester l'indicateur sur d'autres bassins permettra aussi d'affiner le modèle et de réduire les biais de l'indicateur.

La règle de décision développée dans ce rapport permet de donner un outil de gestion synthétique et pratique aux aménageurs en terme d'aménagement d'obstacles que ce soit par la construction de passes à anguille ou par l'arasement d'obstacle. Cependant, cette règle de gestion n'est pas aussi complexe que le modèle ajusté défini ici et il est clair que dans le meilleur des cas, il faudra appliquer notre modèle si l'on veut répondre de manière exacte aux objectifs définis par le Règlement européen.

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE	1
RESUME	2
ACRONYMES	3
GLOSSAIRE	3
PREAMBULE	4
CHAPITRE I : INTRODUCTION	5
CHAPITRE II : LES STRUCTURES D'ACCUEIL	7
II.1. L'Institut d'Aménagement de la Vilaine (IAV)	7
II.2. L'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques	7
CHAPITRE III : LE CADRE DE L'ETUDE	8
III.1. Le contexte politique	8
III.1.1. Le contexte européen	8
III.1.2. Le contexte national : le GRISAM	9
III.1.3. Le contexte régional	10
III.2. Présentation de l'anguille européenne	12
III.2.1. Présentation générale	12
III.2.2. Cycle biologique	12
III.2.3. Distribution spatiale de l'anguille dans le bassin versant	14
III.2.3.1. En fonction de la distance à la marée dynamique	14
III.2.3.2. En fonction du niveau typologique	15
III.2.3.3. Densité – dépendance	15
III.2.3.4. En fonction des obstacles	16
III.2.4. Situation alarmante des stocks d'anguille	16
III.3. Les objectifs	20
CHAPITRE IV : METHODE	21
IV.1. Le territoire d'étude	21
IV.2. Collecte des données	22
IV.2.1. La base « barrage »	22
IV.2.2. Les données de pêche électrique	25
IV.2.3. Calcul du cumul des notes en aval d'une station de pêche	26
IV.2.4. La méthode statistique	27

IV.2.5.	Modèle de validation de la grille de notation proposée par STEINBACH	28
IV.2.6.	Modèle de prédiction des densités d'anguilles en fonction de la note obstacle et des variables de milieu	30
IV.2.7.	Modélisation de la structure en classes de taille des anguilles	32
IV.2.8.	Prédiction des densités en anguilles jaunes et des effectifs	33
IV.2.9.	Elaboration de critères de décision	34

CHAPITRE V : RESULTATS 35

V.1.	Analyse des densités observées	35
V.2.	Modélisation	37
V.2.1.	Modèle de validation de la grille de notation proposée par STEINBACH	38
V.2.2.	Modèle prédictif des densités en anguilles jaunes en fonction de la note obstacle et de variables du milieu	41
V.3.	Les prédictions en conditions pristines	48
V.3.1.	Calcul des surfaces en eau	48
V.3.2.	Création d'un jeu de données de barrages et des bassins sans barrage pour la prédiction	48
V.3.3.	Prédictions historiques et en conditions pristines	48
V.4.	Modélisation de la structure en classes de taille des anguilles	51
V.5.	Elaboration de critères de décision	52

CHAPITRE VI : DISCUSSION 54

VI.1.	Validation de la grille de notation proposée par STEINBACH	54
VI.2.	Méthode de prospection	54
VI.3.	Approche générale de l'indicateur pour caractériser l'impact migratoire sur le stock d'anguille européenne à l'échelle des bassins	55
VI.4.	Les biais de l'indicateur	56
VI.5.	Comparaison avec d'autres méthodes	60
VI.6.	Règle de gestion	61
VI.7.	Développements futurs	62

CHAPITRE VII : CONCLUSION 64

TABLE DES MATIERES 65

LISTE DES FIGURES 67

LISTE DES TABLEAUX 69

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE 70

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cycle biologique de l'anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>) proposé par le groupe national anguille français.....	13
Figure 2: Localisation de la région Bretagne et du bassin versant de la Vilaine.....	21
Figure 3 : Grille d'appréciation de la franchissabilité des ouvrages par l'anguille.....	22
Figure 4 : Schéma de la base de données « migang » sous PostgrSQL.....	24
Figure 5 : Modèle linéaire et asymptotique de la hauteur, variable prise en compte dans la grille de notation de la franchissabilité d'un obstacle par l'anguille proposée par Pierre STEINBACH.....	29
Figure 6 : Délimitation des bassins en Bretagne. J0 : Cours d'eau côtiers entre le Couesnon et la Rance. J1 : Cours d'eau côtiers entre la Rance et le Trieux. J2 : Cours d'eau côtiers entre le Trieux et le Roscoff. J3 : Cours d'eau côtiers de Roscoff à la pointe du Raz. J4 : Cours d'eau côtiers de la Pointe du Raz au Blavet. J5 : Le Blavet et ses affluents. J6 : Cours d'eau entre le Blavet et la Vilaine. J7 : La Vilaine et ses affluents... 32	
Figure 8 : Densités moyennes en anguilles jaunes par stations de pêche électrique sur la Bretagne, toutes années confondues.....	36
Figure 9 : Cumul des notes des scores des obstacles, ouvrages ruinés ou effacés ou muni d'un passe à poisson, ouvrages non renseignés sur l'ensemble de la Bretagne, en 2007. . 37	
Figure 11 : Courbes de réponse des densités observées en anguilles jaunes en fonction de chacun des paramètres retenus dans la procédure stepwise. Les résidus de déviance partielle sont représentés sous la forme de points, les deux courbes représentent +/- deux fois l'erreur type (l'écart type de la différence entre les valeurs prédites et observées)...	40
Figure 12 : Courbes de réponse des densités en anguilles jaunes en fonction des années sur le bassin de la Vilaine et des autres bassins bretons.....	41
Figure 13 : Densités prédites d'après notre modèle sur le bassin de la Vilaine et recrutement fluvial sur la Vilaine (modèle GEMAC, BRIAND, 2006) et corrélation entre les densités prédites et le recrutement.....	42
Figure 14 : Densités observées et prédites par bassin.....	44
Figure 15 : Résidus moyens des densités en anguilles jaunes d'après le modèle gam. Le cercle le plus large correspond à un nombre élevé (22) d'opérations de pêche sur une même station. Elles correspondent le plus souvent à des stations du Réseau Hydrographique et Piscicole (RHP).	44

<i>Figure 16 : Courbes de réponse des densités observées en anguilles jaunes en fonction de chacune des variables du modèle ajusté retenu.</i>	<i>47</i>
<i>Figure 17 : Prédictions des effectifs en anguilles jaunes sur les bassins interbarrages. Prédictions 2004 (situation actuelle). Prédictions 2004 sans obstacles. Prédictions 1980 (avec les obstacles). Prédictions en 1980 sans les obstacles (en conditions pristines).</i>	<i>50</i>
<i>Figure 18 : Règle de gestion calée sur le score (score4 : dénivelé + rugosité + profil + berge) en fonction de l'équivalent % SPR.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 19 : % SPR des axes migratoires dans la situation actuelle au niveau de tous les obstacles.</i>	<i>53</i>
<i>Figure 20 : Grands ensembles hydrographiques définis selon la direction générale d'écoulement des eaux.....</i>	<i>62</i>

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Variables explicatives utilisées pour la validation de la grille de franchissabilité par l'anguille d'un obstacle proposée par P. STEINBACH (ONEMA – 2002). Le 2 ^{ème} colonne contient le détail des notes des critères d'évaluation	28
Tableau 2 : Variables explicatives utilisées pour la modélisation de la répartition des densités en anguilles jaunes en fonction de facteurs naturels et anthropiques.....	31
Tableau 3 : Limites des classes de taille prises en compte dans l'étude (BRIAND et al., 2006b).....	32
Tableau 4 : Densités médianes mesurées sur les pêches par bassins, toutes années confondues.....	35
Tableau 5 : AIC et coefficients de corrélation de Pearson des modèles testés pour la validation de la grille de STEINBACH avec des alternatives de variables dépendantes et explicatives.	38
Tableau 6 : AIC du meilleur modèle retenu (densités ~ denivele + s(profil) + s(rugosite) + s(berge) + s(diversite) + op_cd_methodeprospection + op_cd_moyenprospection).....	39
Tableau 7 : AIC des modèles [densité ~ s(note_obstacle) + s(annee) + s(t2) + s(t1) + s(log_altitude) + s(st_distancemer) + s(gradientlongitudinal) + s(distancerelative) + bassin + op_cd_methodeprospection + op_cd_moyenprospection] avec des variantes sur la variable explicative « note_obstacle ».	43
Tableau 8 : AIC du meilleur modèle retenu (densité ~ s(annee) + s(t2) + s(t1) + s(log_altitude) + s(score4) + s(st_distancemer) + s(gradientlongitudinal) + s(distancerelative) + bassin + op_cd_methodeprospection + op_cd_moyenprospection)	45
Tableau 9 : Coefficients du modèle ajusté et facteurs entre les variables qualitatives	47
Tableau 10 : Largeur de cours d'eau (m) en fonction du rang de Strahler (modèle GLM Gamma) et intervalles de confiance	48
Tableau 11 : Prédictions des densités d'anguilles jaunes par bassins en 2004 et en 1980 avec ou sans obstacles.....	49
Tableau 12 : Prédictions des effectifs d'anguilles jaunes par bassins en 2004 et en 1980 avec ou sans obstacles.....	49
Tableau 13 : Résultats de la méthode VGAM des modèles multinomial et quasipoisson (densités médianes des stations et structure en classes de taille des densités). Les variables dépendantes sont les classes de taille.....	51

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- ACFM, 1998. ICES cooperative research report, Vol. 229.
- ACFM, 2001. ICES cooperative research report, Vol. 246.
- ACFM, 2002. ICES cooperative research report, Vol. 255, pp. 940-948.
- AKAIKE H., 1973. Information Theory and an Extension the Maximum Likelihood Principle. Institute of Statistical Mathematics.
- APRAHAMIAN M. W., 1986. Eel (*Anguilla anguilla* L.) production in the River Severn, England. Pol Arch Hydrobiol, 33, 373-389.
- APRAHAMIAN M. W., 1988. Age structure of eel, *Anguilla anguilla* (L.), populations in the River Severn, England, and the River Dee, Wales. Aquac. Fish. Manag., 19, 365-376.
- ARAGO M. A., 2007. Méthode de pêche électrique par échantillonnage par point au martin pêcheur : " indice d'abondance anguille ". Ouest Grand Migrateur, Rennes.
- BAISEZ A., 2002. Informations sur le tableau de bord anguille du bassin Loire.
- BAISEZ A., 2003. Paroles d'anguilles,. In Lettre d'information, pp. 4, Rennes.
- BRIAND C., BEAULATON L. and BAISEZ A., 2006a. Gemac : a glass eel model to assess compliance.
- BRIAND C., FATIN D., LAFAGE D. and LAFFAILLE P., 2003. Gestion du stock d'anguilles de l'estuaire de l'Aulne. Institution d'Aménagement de la vilaine, La Roche Bernard.
- BRIAND C., FATIN D., FONTENELLE G. and FEUNTEUN E., 2005. Effect of re-opening of a migratory axis for eel at a watershed scale (Vilaine river, Southern Brittany). Bull Fr Pêche Piscic, 378, 67:86.
- BRIAND C., BAISEZ A., BARDONNET A., BEAULATON L., FEUNTEUN E., LAFFAILLE P., LAMBERT P., PORCHER J. P., PROUZET P., RIGAUD C. and ROBINET T., 2006b. Connaissances, outils et méthodes pour la mise en place de plans de gestion de l'anguille (*A. anguilla*) dans les bassins versants français. Rapport d'expertise scientifique et technique du Groupe « Anguille » du GIS Poissons Amphihalins (GRISAM), Paris.
- BRUSLÉ J., 1990. Effects of heavy metals on eels, *Anguilla* sp. Aquat Living Resour, 3, 131-141.
- BRUSLÉ J., 1994. L'anguille européenne *Anguilla anguilla*, un poisson sensible aux stress environnementaux et vulnérable à diverses atteintes pathogènes. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 335, 237-260.
- CARLE F. L. and STRUB M. R., 1978. A New Method for Estimating Population Size from Removal Data. Biometrics, 34, 621-630.
- CASTONGUAY M., HODSON P. V., COUILLARD C. M., ECKERSLEY M. J., DUTIL J. D. and VERREAULT G., 1994. Why is recruitment of the American eel, *Anguilla rostrata*, declining in the St. Lawrence River and Gulf? Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 51, 479-488.
- CCE, 2003. Communication de la commission au conseil et au parlement européen. Développement d'un plan d'action communautaire concernant la gestion des anguilles européennes. COM(2003) 573 final, Bruxelles.
- CCE, 2007. Proposal for a Council Regulation establishing measures for the recovery of the stock of European eel, pp. 18.
- CHANCEREL F., 1994. Note technique. La répartition de l'Anguille en France. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 335, 289-294.

- COGEPOMI, 2004. Comité de gestion des poissons migrateurs pour les cours d'eau bretons. Plan de gestion des poissons migrateurs. Préfecture de la région Bretagne, Rennes.
- COUILLARD C. M., P.V. HODSON, M. CASTONGUAY, 1997. Correlations between pathological changes and chemical contamination in American eels, *Anguilla rostrata*, from St. Lawrence River. Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 54, 1916-1927.
- DAGREVE D., 2005. Impact des barrages sur la répartition de deux espèces de migrateurs amphibiotiques en Bretagne : le saumon atlantique (*Salmo salar*) et l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*). Conseil Supérieur de la Pêche, Rennes.
- DE LEO G. A. and GATTO M., 1996. Trends in vital rates of the European eel: evidence for density dependence? Ecol Appl, 6, 1281-1294.
- DEKKER W., 1998. Long-term trend in the glasseels immigrating at Den Oever, The Netherlands. Bull Fr Pêche Piscic, 349, 199:214.
- DEKKER W., 2000. A procrustean assessment of the European eel stock. ICES Journal of Marine Science, 57, 938-947.
- DEKKER W., 2001, in press. Status of the european eel stock and fisheries. In Proceedings international symposium Advances eel biology, Tokyo, Japan.
- DEKKER W., 2004. Slipping through our hands Population dynamics of the european eel.
- DÉSAUNAY Y. and GUÉRAULT D., 1997. Seasonal and long-term changes in biometrics of eel larvae: a possible relationship between recruitment variation and North Atlantic ecosystems productivity. J Fish Biol, 51, 317-339.
- EGE V., 1939. A revision of the genus *Anguilla* shaw: a systematic, phylogenetic and geographical study, pp. 266p. Bianco Luno A/S, Copenhagen.
- ELIE P. and RIGAUD C., 1984. Etude de la population d'anguilles de l'estuaire et du bassin versant de la Vilaine : examen particulier de l'impact du barrage d'Arzal sur la migration anadrome (civelles), proposition d'amélioration du franchissement de cet obstacle. Cemagref/Université de Rennes, Rennes.
- FEUNTEUN E., 1994. Le peuplement piscicole du marais littoral endigué de Bourgneuf-Machecoul (France Loire-Atlantique). Approche méthodologique pour une analyse quantitative de la distribution spatiale du peuplement piscicole et de la dynamique de certaines de ses populations. Thèse 3ème cycle, Université Rennes I.
- FEUNTEUN E., 2002. Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*) : An impossible bargain. Ecol Eng, 18, 575-591.
- FEUNTEUN E., ACOU A., LAFAILLE P. and LEGAULT A., 2000. European eel: prediction of spawner escapement from continental population parameters. Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 57, 1627:1635.
- FEUNTEUN E., ACOU A., GUILLOUËT J., LAFFAILLE P. and LEGAULT A., 1998. Spatial distribution of an eel population (*Anguilla anguilla*) in a small coastal catchment of northern Brittany (France). Consequences of hydraulic works. Bull Fr Pêche Piscic, 349, 129-139.
- FEUNTEUN E., LAFFAILLE P., ROBINET T., BRIAND C., BAISEZ A., OLIVIER J.-M. and ACOU A., 2003. A Review of Upstream Migration and Movements in Inland Waters by Anguillid Eels: Toward a General Theory. In Eel biology (eds K. Aida, K. Tsukamoto and K. Yamauchi), pp. 181-190. Springer, Tokyo.
- FEUNTEUN E., C. RIGAUD, P. ELIE, J.C. LEFEUVRE, 1992. Le marais doux endigué de Bourgneuf-Machecoul (Pays de Loire). Premiers éléments de connaissance du peuplement piscicole. Relation ichtyofaune-habitat et problèmes majeurs de gestion. Revue des Sciences de l'Eau, 5, 509-528.

- FONTAINE, M., DELERUE-LE BELLE N., LALLIER F. and LOPEZ E., 1982. Biologie générale. Toutes les anguilles succombent-elles après la reproduction et frayent-elles nécessairement en mer ? C. R. Acad. Sc. Paris, 294, 809-811.
- FUENTES Y., 2003. Etat des lieux des poissons migrateurs sur le bassin versant de la Vilaine et définition des potentiels de colonisation. FDPPMA, Ille et Vilaine, Rennes.
- GERDEAUX D., 1987. Revue des méthodes d'estimation de l'effectif d'une population par pêches successives avec retrait. Programme d'estimation d'effectif par la méthode de Carle et Strub. Bull Fr Pêche Piscic, 304, 13-21.
- HARO A., RICHKUS W. A., WHALEN K., HOAR A., BUSCH W. D., LARY S., BRUSH T. and DIXON D. A., 2000. Population decline of the american eel : implications for research and management. Fish Manage.
- HASTIE T. J., & TIBSHIRANI, R.J., 1990. Genrelized Additive Models. Monographs on statistics and applied probability.
- HELFMAN G. S., FACEY D. E. and HALES L. S., 1987. Reproductive ecology of the American eel. Trans Am Fish Soc, 1, 42-56.
- HODSON P. V., CASTONGUAY M., COUILLARD C. M., DESJARDINS C., PELLETIER E. and MCLEOD R., 1993. Spatial and temporal variations in chemical contamination of American eels, *Anguilla rostrata*, captured in the estuary of the St Lawrence river. Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 51, 464-477.
- IBBOTSON A., SMITH J., SCARLETT P. and APRAHAMIAN M. W., 2002. Colonisation of freshwater habitat by the European eel *Anguilla anguilla*. Freshwater Biol, 47, 1696-1706.
- ICES, 1999. Joint EIFAC/ICES working group on eel. In EIFAC, Occasional Paper, Vol. 34, pp. 31, Silkeborg.
- ICES, 2002. Report of the ICES/EIFAC Working group on eel. In International Council for the Exploration of the sea (ed ICES), pp. 55, Copenhagen.
- ICES, 2003. Report of the ICES/EIFAC Working group on eel. In International Council for the Exploration of the sea (ed ICES), pp. 48, Nantes.
- ICES, 2006 Report of the ICES/EIFAC Working Group on Eels, Rome, Italy.
- IMBERT H., 2007, non publié. Répartition spatiale des anguilles de moins de 300 mm dans le bassin Garonne-Dordogne à travers l'analyse des données RHP. non publié.
- JELLYMAN J., 1989. Diet of two species of freshwater eel (*Anguilla* spp.) in Lake Pounui, New Zeland. New Zeland Journal of Marine and Freshwater Research, 23, 1-10.
- KENNEDY C. R. and FITCH D. J., 1990. Colonization, larval survival and epidemiology of the nematode *Anguillicola crassus*, parasitic in the eel, *Anguilla anguilla*, in Britain. J Fish Biol, 36, 117-131.
- KIRK R. S., 2003. the impact of *Anguillicola crassus* on the European eel. Fish. Man. Ecol., 10, 385-394.
- KNIGHTS B., WHITE E. and NAISMITH I. A., 1996. Stock assessment of European eel, *Anguilla anguilla* L. In Stock Assessment in Inland Fisheries (ed I. Cowx, G.), Vol. chap. 34, pp. 431-447. Fishing News Books, Oxford.
- KNIGHTS B., BARK A., BALL M., WINTER E. and DUNN S., 2001. Eel and Elver stock in England and Wales - status and management options, Rep. No. R&D technical report N° W248. Environment Agency, Bristol.
- LAFFAILLE P., LAFAGE D., AUBERT C. and FEUNTEUN E., 2003a. Organisation spatiale et évaluation de l'état des stocks d'anguilles du bassin versant de l'aulne : bilan de la première année d'investigation. Fédération de pêche, Rennes.

- LAFFAILLE P., BAISEZ A., RIGAUD C. and FEUNTEUN E., 2004a. Habitat preferences of different european eel size classes in a reclaimed marsh: a contribution to species and ecosystem conservation. *Wetlands*, 24, 642-651.
- LAFFAILLE P., BRIAND C., FATIN D., LAFAGE D. and LASNE E., 2004b. Point sampling abundance of European eel (*Anguilla anguilla*) in freshwater areas. *Archiv Hydrobiol*, 162, 91-98.
- LAFFAILLE P., FEUNTEUN E., BAISEZ A., ROBINET T., ACOU A., LEGAULT A. and LEK S., 2003b. Spatial organisation of the European eel (*Anguilla anguilla*, L.) in a small catchment. *Ecol Freshwat Fish*, 12, 254-254.
- LAMBERT P., 2005. Exploration multiscalaire des paradigmes de la dynamique de la population d'anguilles européennes à l'aide d'outils de simulation, Université Bordeaux 1, Bordeaux.
- LARINIER M., PORCHER J. P., TRAVADE F. and GOSSET C., Passes à poissons, expertise, conception des ouvrages de franchissement.
- LASNE E., LAFFAILLE, P., 2007. Analysis of distribution patterns of yellow European eels in the Loire catchment using logistic models based on presence-absence of different size-classes. *Ecol Freshwat Fish*.
- LEGAULT A., 1994. Etude préliminaire du recrutement fluvial de l'anguille. 335, 33-42.
- LEGAULT A., J.P. PORCHER, 1989. Distribution du peuplement d'anguilles à l'échelle régionale Bretagne Basse Normandie (France). In E.I.F.A.C., Working Party on Eel, Porto, Portugal.
- LOBÓN-CERVIÁ J., UTRILLA C. G. and RINCÓN P. A., 1995. Variations in the population dynamics of the European eel *Anguilla anguilla* (L.) along the course of a Cantabrian river. *Ecol Freshwat Fish*, 4, 17-27.
- MCCLEAVE J., 2001. Simulation of the impacts of dams and fishing weirs on reproductive potential of silver-phase American eels in the Kennebec river basin, Maine. *North American journal of fisheries managment*, 21, 592-605.
- MCCLEAVE J. D. and ARNOLD G. P., 1999. Movements of yellow- and silver-phase European eels (*Anguilla anguilla* L.) tracked in the western North Sea. *ICES Journal of marine science*, 56, 510-536.
- MCCULLAGHT & LELDER J. A., 1989. Generalized Linear Model. Monographs on statistics and applied probability.
- MORIARTY C., 1986. Riverine migration of young eels *Anguilla anguilla* (L.). *Fish Res*, 4, 43-58.
- MORIARTY C. and DEKKER W., 1997. Management of the European eel. *Fish Bull*, 15, 1-110.
- MORIARTY C., BNINSKA M. and LEOPOLD M., 1990. Eel, *Anguilla anguilla*, stock and yield in Polish lake. *Aquac. Fish. Manag.*, 21, 347-355.
- MUCHIUT S., 2005. Ressource anguille : Eléments de connaissance partagés à l'échelle européenne. IMA/Len Corrail.
- NAISMITH I. A. and KNIGHTS B., 1988. Migrations of elvers and juvenile European eels, *Anguilla anguilla* L., in the River Thames. *J Fish Biol*, 33, 161-175.
- NAISMITH I. A. and KNIGHTS B., 1992. The distribution, density and growth of the European eel, *Anguilla anguilla* (L.), in the river Thames catchment. In EIFAC, Working Party on Eel, Dublin, pp. 71.
- NILO P. and FORTIN R., 2001. Synthèse des connaissances et établissement d'une programmation de recherche sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*). Université du Québec à Montréal, Québec.

- OBERDORFF T., PONT D., HUGENY B. and CHESSEL D., 2001. A probabilistic model characterising fish assemblages of French rivers: a framework for environmental assessment. *Freshwater Biol*, 46, 399-415.
- OBERDORFF T., PONT D., HUGENY B., BELLIARD J., BERREBI DIT THOMAS R. and PORCHER J. P., 2002. Adaptation et validation d'un indice poisson (FBI) pour l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau Français. *Bull Fr Pêche Piscic*, 365/366, 405-433.
- OLIVEIRA K., MCCLEAVE J. D. and WIPPELHAUSER G. S., 2001. Regional variation and the effect of lake : river area on sex distribution of American eels. *J Fish Biol*, 58, 943-952.
- PARSONS J., VICKERS K. U. and WARDEN Y., 1977. Relationship between elver recruitment and changes in the sex ratio of silver eels *Anguilla anguilla* L. migrating from Lough Neagh, Northern Ireland. *J Fish Biol*, 10, 211-229.
- PORCHER J. P., 1992. La richesse piscicole des cours d'eau bretons. Conseil Supérieur de la Pêche, Rennes,.
- RIGAUD C., LAFFAILLE, P., 2007a. Programme européen Indicang - Etat des connaissances sur le déroulement de la phase de croissance de l'anguille européenne : Retombées en termes de caractérisation et de suivi du stock en place dans un bassin versant. Cemagref de Bordeaux, Université de Rennes 1.
- RIGAUD C., LAFFAILLE, P., 2007b. Programme européen Indicang - Objectifs et méthodes de suivi de l'anguille jaune dans un bassin versant. Cemagref de Bordeaux, Université de Rennes 1.
- ROBINET T. and FEUNTEUN E., 2002. Sublethal effects of exposure to chemical compounds: a cause for the decline in Atlantic eels? *Ecotoxicology*, 11, 265-277.
- ROGER C. P. D., 2005. Création de base de données thermiques devant servir au calcul de l'Indice Poisson normalisé. Université de Lyon I - CSP, Lyon.
- SCHMIDT J., 1906. Contribution to the life history of the eel (*Anguilla vulgaris*, Flem.). Rapports et procès-verbaux des réunions. Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 5, 137-274.
- SCHMIDT J., 1922. The breeding places of the eel. *Phil Trans R Soc*, 211, 179-208.
- SINHA V. R. P. and JONES J. W., 1967. On the age and growth of the freshwater eel (*Anguilla anguilla*). *J Zool*, 153, 99-117.
- SLOANE R. D., 1984. Distribution, abundance, growth and food of freshwater eels (*Anguilla spp.*) in the Douglas River, Tasmania. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 35, 325-339.
- SMOGOR R. A., ANGERMEIER P. L. and GAYLORD C. K., 1995. Distribution and abundance of American eels in Virginia streams : test of null models across spatial scales. *Trans Am Fish Soc*, 124.
- STARKIE A., 2003. Management issues relating to the European eel, *Anguilla anguilla*. *Fish. Man. Ecol.*, 10, 361-364.
- STEINBACH P., 2002. Expertise de la franchissabilité des ouvrages hydrauliques transversaux par l'anguille. Conseil Supérieur de La Pêche, Oréan.
- TZENG W. N., CHENG P. W. and LIN F. Y., 1995. Relative abundance, sex ratio and population structure of the Japanese eel *Anguilla japonica* in the Tanshui River system of northern Taiwan. *J Fish Biol*, 46, 183-201.
- VOEGTLE B. and LARINIER M., 2000. Etude des capacités de franchissement des civelles et anguilletes. Migado, Toulouse.
- VØLLESTAD L. A. and JONSSON B., 1988. A 13-year study of the population dynamics and growth of the European eel *Anguilla anguilla* in a Norwegian river : evidence

- for density-dependent mortality, and development of a model for predicting yield. *J Anim Ecol*, 57, 983-997.
- WESTERBERG H., 1998. Oceanographic aspects of the recruitment of eels to the baltic sea. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 349, 177-185.
- WHITE E. and KNIGHTS B., 1994. Elver and eel stock assessment in the Severn and Avon. NRA R&D Project Report 256/13/ST. NRA, Newcastle-upon-tyne.
- WHITE E. and KNIGHTS B., 1997. Dynamic of upstream migration of the European eel, *Anguilla anguilla* (L.), in the River Severn and Avon, England, with special reference to the effect of man-made barriers. *Fish. Man. Ecol.*, 4, 311-324.
- WOOD S. N., 2006. Generalized Additive Models: An Introduction with R.
- YEE T. W., HASTIE, T.J., 2003. Reduced-rank vector generalized linear models. *Statistical Modelling*, 3, 15-41.

ANNEXES

ANNEXE I : Règlement du Conseil européen instituant les mesures de reconstitution du stock d'anguille européenne_____1

ANNEXE II : Fiche d'information des installations hydrauliques (PM CHAPON, 2007)_____7

ANNEXE III : Obstacles recensés en Bretagne et note de franchissabilité par l'anguille (score) obtenu d'après la grille de notation proposée par P. STEINBACH_____12

ANNEXE IV : Script de la base « migang » sous PostgreSQL_____13

ANNEXE V : Les tables relationnelles de la base de données Postgres_____20

ANNEXE VI : Ensemble des algorithmes de décision de la programmation sous R_____22

ANNEXE VII : Ensemble du programme sous R_____31

ANNEXE VIII : Descripteurs synthétiques du milieu à l'échelle locale (OBERDORFF et al 2002)_____93

ANNEXE IX : Cartographie des densités et des effectifs observés et prédits par classes de taille selon le modèle multinomial et quasipoisson_____94

ANNEXE I

Règlement du Conseil européen instituant les mesures de reconstitution du stock d'anguille européenne

REGLEMENT DE
L'UNION EUROPEENNE

Bruxelles, 31 Mai 2007

9655/07 & 10223/07

Interinstitutional File:
2005/0201 (CNS)

LIMITE, consolidée et traduite selon les
soins du bureau de la pêche du MEDAD

PECHE 149 & PECHE 177

NOTE

from :	Presidency
to :	Permanent Representatives Committee / Council
No. Cion prop. :	13139/05 PECHE 203 - COM(2005) 472 final
Subject :	Proposition du Règlement du Conseil instituant les mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes

Article 1

Subject-matter

1. Ce règlement établit un cadre pour la protection et l'exploitation durable du stock d'anguille européenne *Anguilla anguilla* dans les eaux maritimes de la Communauté, dans les lagunes côtières, dans les estuaires, dans les fleuves et dans les eaux continentales des Etats membres qui communiquent avec les secteurs ICES III, IV, VI, VII, VIII, IX ou avec la mer Méditerranée.
2. En ce qui concerne la Mer Noire et les fleuves qui lui sont reliés, la Commission prendra une décision conformément à la procédure visée à l'article 30(2) du règlement (EC) 2371/2002 après consultation du CSTEP d'ici 31 décembre 2007 si ces eaux constituent les habitats naturels pour l'anguille européenne conformément à l'article 2b.
3. Les mesures de ce règlement seront adoptées et mises en application sans préjudice des dispositions des directives 92/43/EC du Conseil de l'EU sur la protection de la faune sauvage et de la flore, 2000/60/EC du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour l'action communautaire dans le domaine de la politique de l'eau.

Article 2

Establishment of Eel Management Plans

1. Les Etats membres identifieront et définiront les différents bassins versants, qui peuvent contenir des eaux maritimes, se trouvant sur leur territoire national constituant les habitats naturels pour l'anguille européenne (« bassins versants à anguille »). Si la justification appropriée est fournie, un Etat membre peut désigner la totalité de son territoire national ou une région administrative existante en tant que bassin versant à anguille.
2. En définissant leurs bassins versants à anguille, les Etats membres devront respecter le plus possible les arrangements administratifs visés à l'article 3 de la directive 2000/60/EC.
3. Pour chaque bassin versant à anguille défini dans le paragraphe 1, les Etats membres prépareront un Plan de Gestion Anguille.
4. L'objectif de chaque Plan de Gestion Anguille sera de réduire la mortalité d'origine anthropique et d'atteindre 40% d'échappement vers la mer de la biomasse d'anguille argentée, cela en fonction de la meilleure estimation sur le taux d'échappement qui aurait existé si aucune influence anthropique n'avait eu d'impact sur le stock. Le Plan de Gestion Anguille sera préparé en vue d'atteindre cet objectif à long terme.
5. Le niveau d'échappement de la cible pourra être déterminé d'une ou plusieurs façons, en tenant compte des données disponibles sur chacun des bassins versants à anguille, et pourra s'axer sur une ou plusieurs des propositions suivantes :

- (a) utilisation des données rassemblées sur la période la plus représentative avant 1980, si elles sont disponibles en quantité et en qualité suffisantes ;
 - (b) évaluation de l'habitat naturel basée sur la production potentielle d'anguille, en l'absence des facteurs de mortalité d'origine anthropique ; ou,
 - (c) en se référant à l'écologie et l'hydrographie de systèmes similaires au bassin versant en question.
6. Chaque Plan de Gestion Anguille contiendra une description et une analyse de la situation actuelle de la population d'anguille dans les bassins versants à anguille et les relieront au niveau d'échappement de la cible établi dans le paragraphe 4.
 7. Chaque Plan de Gestion Anguille inclura des mesures à atteindre, surveillera et vérifiera l'objectif présenté au paragraphe 4. Les Etats membres peuvent définir les moyens à mettre en œuvre selon des conditions locales et régionales.
 8. Un Plan de Gestion Anguille peut contenir les mesures suivantes, mais il n'y est pas limité :
 - réduction de l'activité de pêche professionnelle,
 - limitation de la pêche récréative,
 - réapprovisionnement du stock,
 - rendre des cours d'eau passables pour les migrations et améliorer leurs habitats, tout en prenant d'autres mesures environnementales,
 - transport d'anguilles argentées dans des eaux intérieures à partir desquelles elles peuvent s'échapper librement vers la mer des Sargasses,
 - réduire la biomasse de prédateurs,
 - fermeture provisoire des turbines hydro-électriques puissantes,
 - mesures **relatives** à l'aquaculture.
 9. Chaque Plan de Gestion Anguille contiendra un calendrier, pour atteindre le niveau d'échappement de la cible établi au paragraphe 3, correspondant à une approche progressive et dépendante du niveau de recrutement prévu, et incluant les mesures qui seront mises en place dès la première année de l'application du Plan de Gestion Anguille.
 10. Dans le Plan de Gestion Anguille, chaque Etat membre mettra en application des mesures appropriées pour réduire, dès que possible, la mortalité provoquée sur l'anguille par des facteurs autres que celui de la pêche, et cela inclue les turbines hydroélectriques, les pompes ou les prédateurs nuisibles à l'espèce, à moins que ce ne soit pas nécessaire pour atteindre l'objectif du plan.
 11. Chaque Plan de Gestion Anguille inclura une description des mesures de contrôle et renforcement qui s'appliqueront dans les eaux autres que les eaux maritimes de la Communauté conformément à l'article 9.
 12. Un Plan de Gestion Anguille devra d'abord être adopté au niveau national dans le cadre réglementaire des mesures de conservation référencées dans l'Article 21(1)(v) du règlement (EC) N° 1198/2006.

Article 2b

Exemption from the obligation to prepare an Eel Management Plan

1. Un Etat membre peut être exempt de l'obligation de préparer un plan de gestion Anguille s'il justifie de façon appropriée que les bassins versants ou les eaux maritimes se trouvant sur son territoire ne constituent pas des habitats naturels pour l'anguille européenne.
2. Les Etats membres communiqueront à la Commission une demande d'exemption préparée selon le paragraphe 1 au plus tard le **1 janvier 2008**.
3. Sur la base d'une évaluation technique et scientifique par le CSTEP ou par d'autres corps scientifiques appropriés, la demande d'exemption sera approuvée par la Commission conformément à la procédure visée à l'article 30(2) du règlement (EC) N°2371/2002.
4. Là où la Commission approuve une demande d'exemption, l'article 3 ne s'appliquera pas à l'Etat membre concerné.

Article 3

Communication of Eel Management Plans

1. Les Etats membres communiqueront leurs Plans de Gestion Anguille à la Commission le 31 décembre 2008 au plus tard conformément à l'article 2.
2. Un Etat membre qui n'aura pas soumis un Plan de Gestion Anguille à la Commission pour approbation d'ici le 31 décembre 2008 devra soit réduire l'effort de pêche d'au moins 50% par rapport à la moyenne de cet effort déployé entre 2004 et 2006, soit assurer une réduction des captures d'anguilles d'au moins 50% par rapport à la moyenne des captures établit entre 2004 et 2006, en

raccourcissant la période de pêche à l'anguille, ou en mettant en oeuvre d'autres moyens. Cette réduction sera mise en application à partir du 1 janvier 2009.

3. La réduction des captures présentée au paragraphe 2 peut être substituée entièrement ou partiellement par des mesures immédiates sur d'autres facteurs anthropiques de mortalité, ce qui permettra à un certain nombre d'anguilles argentées migratrices de s'échapper vers la mer pour frayer de la même façon que si la réduction de l'effort de pêche était appliquée.

Article 4

Approval and implementation of Eel Management Plans

1. Sur la base d'une évaluation technique et scientifique par le Conseil Scientifique, Technique et Economique de la Pêche ou par d'autres corps scientifiques appropriés, les Plan de Gestion Anguille seront approuvés par la Commission conformément à la procédure visée à l'article 30(2) du règlement (EC) N° 2371/2002.
2. Les Etats membres mettront en application les Plan de Gestion Anguille approuvés par la Commission selon le paragraphe 1 à partir du 1 juillet 2009, ou dans les plus brefs délais avant cette date.
3. À partir du 1 juillet 2009, ou de la date de l'exécution d'un Plan de Gestion Anguille, il sera autorisé de pêcher l'anguille de l'espèce *Anguilla anguilla* toute l'année à condition que la pêche se conforme aux caractéristiques et aux restrictions du Plan de Gestion Anguille qui a été approuvé par la Commission selon le paragraphe 1.
4. Un Etat membre qui a soumis le Plan de Gestion Anguille à la Commission pour approbation plus tard que 31 décembre 2008, ne peut pas être approuvée par la Commission selon le paragraphe 1 ; il devra soit réduire l'effort de pêche d'au moins 50% par rapport à la moyenne de cet effort déployé entre 2004 et 2006, soit assurer une réduction des captures d'anguilles d'au moins 50% par rapport à la moyenne des captures établit entre 2004 et 2006, en raccourcissant la période de pêche à l'anguille, ou en mettant en oeuvre d'autres moyens. Cette réduction sera mise en application dans les trois mois qui suivront la décision de ne pas approuver le plan.
5. La réduction des captures présentée au paragraphe 4 peut être substituée entièrement ou partiellement par des mesures immédiates sur d'autres facteurs anthropiques de mortalité, ce qui permettra à un certain nombre d'anguilles argentées migratrices de s'échapper vers la mer pour frayer de la même façon que si la réduction de l'effort de pêche était appliquée.
6. Au cas où la Commission ne pourrait pas approuver un Plan de Gestion Anguille, l'Etat membre peut soumettre un plan révisé dans les 3 mois qui suivent la décision de la commission. Le Plan de Gestion Anguille révisé sera approuvé conformément à la procédure établie dans le paragraphe 1. L'exécution de la réduction des captures visé au paragraphe 4 ne sera pas appliquée à moins que le plan révisé ne soit pas approuvé par la Commission.

Article 5

Transboundary Eel Management Plans

1. Pour les bassins versants à anguille s'étendant sur le territoire de plus d'un Etat membre, les Etats membres impliqués prépareront conjointement un Plan de Gestion Anguille. Si la coordination est en danger et que cela résulte en un tel retard qu'il deviendra impossible de soumettre le Plan de Gestion Anguille à l'heure, les Etats membres peuvent soumettre des Plans de Gestion Anguille pour leur partie nationale du bassin versant.
2. Là où un bassin versant à anguille se prolonge au delà du territoire de la Communauté, les Etats membres impliqués essayeront de développer ce Plan de Gestion Anguille avec la coopération des pays tiers impliqués, et la compétence de n'importe quelle organisation régionale de pêche appropriée sera respectée. Si un Etat tiers ne veut pas participer à l'élaboration d'un plan de gestion anguille transfrontalier avec un Etat Membre, alors l'Etat membre présentera un plan de gestion pour la partie du bassin considéré qui est située sur son territoire. Ce plan de gestion devra permettre d'atteindre l'objectif de visé à l'article 2.
3. Les articles 2, 3 et 4 s'appliqueront *mutatis mutandis* aux plans transfrontaliers visés aux paragraphes 1 et 2.

Article 6

Measures concerning restocking

1. Si un Etat membre permet la pêche des anguilles de moins de **12** centimètres de longueur, en tant qu'élément d'un Plan de Gestion Anguille établi conformément à l'article 2, ou en tant qu'élément d'une réduction de l'effort de pêche conformément aux articles 3(2) ou 4(4), il réservera au moins **60%** des anguilles de moins **12** cm de longueur pêchées par année sur son territoire et devra les vendre en vue **de les utiliser** pour réapprovisionner les bassins versants à anguille comme définis par des Etats membres selon l'article 2(1) et pour augmenter le niveau d'échappement en anguilles argentées.
2. Les 60% utilisés pour le repeuplement doivent être présentés dans les Plans de Gestion Anguille établis selon l'Article 2. Ce taux pourra commencer à **35%** lors de la première année d'application du Plan de Gestion Anguille et augmentera par des étapes d'au moins 5% par an. **Le niveau de 60% doit être atteint le 31 juillet 2013.**
3. Afin de s'assurer que les anguilles de moins de **12** centimètres de longueur capturées sont employées dans un programme de repeuplement selon le pourcentage approprié, les Etats membres doivent établir un système de reportage approprié.
4. Le transfert des anguilles utilisées pour le repeuplement doit faire partie du Plan de Gestion Anguille défini dans l'article 2. Les Plans de Gestion Anguille indiqueront la quantité d'anguilles de moins de 20 centimètres de longueur requise pour le repeuplement afin d'augmenter le taux d'échappement en anguilles argentées.
5. La Commission fera un rapport annuel au Conseil sur l'évolution des prix du marché des anguilles de moins de 12 centimètres de longueur. À cette fin les Etats membres concernés établiront un système approprié pour surveiller les prix et devront faire un rapport annuel à la Commission sur ces prix.
6. En cas de déclin significatif des prix moyens des anguilles destinées au repeuplement, par rapport à ceux des anguilles utilisées pour d'autres buts, l'Etat membre concerné devra en informer la Commission. La Commission, conformément à la procédure visée à l'article 30(2) du règlement (EC) N° 2371/2002, prendra des mesures appropriées pour redresser la situation, ce qui peut inclure une réduction provisoire des pourcentages visés dans le paragraphe 2.
7. La Commission devra évaluer les mesures prises pour le repeuplement en prenant en compte l'évolution des prix du marché et faire un rapport au Conseil, au plus tard le 1 juillet 2011. Au vu de cette évaluation et sur une proposition de la Commission, le Conseil décidera à majorité qualifiée les mesures à prendre pour équilibrer les programmes de repeuplement tout en gardant l'objectif mentionné dans le paragraphe
8. Le repeuplement sera considéré comme une mesure de conservation au sens de l'article 38(2) du règlement (EC) 1198/2006 sur le FEP, mais à condition que le repeuplement :
 - fasse partie d'un plan de gestion Anguille établi selon l'article 2 ;
 - concerne des anguilles de moins de **20** cm ; et
 - contribue à l'atteinte de la cible de 40% d'échappement déterminée dans l'article 2(3).

Article 7

Measures concerning Community waters

1. Là où un Etat membre met en place une pêche qui attrape l'anguille dans les eaux maritimes de la Communauté, l'Etat membre réduira l'effort de pêche d'au moins de 50% relativement à l'effort moyen déployé entre 2004 et 2006 ou réduira l'effort de pêche afin d'assurer une réduction des captures d'anguille au moins de 50% par rapport à la moyenne des captures établit entre 2004 et 2006. Cette réduction doit être réalisée graduellement sur une période de cinq ans, en commençant par des étapes de 15% par an les deux premières années après la date de l'entrée en vigueur de ce règlement.
2. Pour les objectifs du paragraphe 1, les eaux maritimes de la Communauté sont les eaux situées au large de la frontière des bassins versant à anguille qui constituent les habitats normaux d'anguille comme définis par des Etats membres selon l'article 2(1).

Article 8

Reporting and Evaluation

1. Chaque Etat membre fera un rapport à la Commission, au commencement, tous les trois ans, avec le premier rapport à présenter d'ici 30 juin 2012. La fréquence du reporting diminuera à une fois tous les six ans, après que les trois premiers rapports tri-annuels aient été soumis. Les rapports décriront la

surveillance, l'efficacité et les résultats, et fourniront particulièrement les meilleures évaluations disponibles de :

- (a) la proportion de la biomasse d'anguille argentée qui s'échappe vers la mer pour frayer pour chaque Etat membre côtier, ou la proportion de la biomasse d'anguille argentée qui quittent le territoire dans le cadre de sa migration pour les Etats Membres n'ayant pas d'ouverture sur la mer, en la rapportant au niveau d'échappement de la cible visé en article 2(4).
 - (b) du niveau de l'effort de pêche capturant de l'anguille tous les ans, et la réduction effectuée sur celui-ci conformément aux articles 3(2) et 4(4).
 - (c) le niveau des facteurs de mortalité en dehors de la pêche, et la réduction effectuée sur ces derniers conformément à l'article 2(10).
 - (d) la quantité d'anguille de moins de 12 centimètres de longueur attrapée et les proportions de celles-ci utilisées pour les différents objectifs.
2. La Commission doit, avant le 31 décembre 2013, présenter un rapport au Parlement européen et au Conseil avec une évaluation statistique et scientifique des résultats de l'exécution des Plans de Gestion Anguille, accompagnés de l'opinion du CSTEP.
 3. La Commission devra, au vu du rapport décrit dans le paragraphe 2, proposer toutes les mesures appropriées pour réaliser, avec une probabilité élevée, le rétablissement du stock de l'anguille européenne et le Conseil décidera à majorité qualifiée sur les mesures alternatives à prendre concernant le niveau d'échappement de la cible visé à l'article 2(3) ou concernant la réduction de l'effort de pêche effectuée conformément aux articles 3(2) et 4(4).

Article 9

Control and Enforcement in waters other than Community waters

Les Etats membres établiront un contrôle et un système de surveillance des captures, adapté aux circonstances et au cadre juridique déjà applicables à leur pêche intérieure, qui sera conforme aux dispositions appropriées présentées au règlement du Conseil (CEE)N° 2847/93.

Le contrôle et le système de surveillance des captures contiendra une description complète de tous les systèmes d'attribution des droits de pêche sur les bassins versant à anguilles qui constituent les habitats normaux de l'anguille comme définis par les Etats membres à l'article 2(1), y compris dans les eaux privées.

Article 10

Information concerning fishing activities

1. D'ici le 1^{er} janvier 2009, chaque Etat membre communiquera les informations suivantes concernant l'activité de pêche commerciale :
 - une liste de tous les bateaux de pêche battant son pavillon national l'autorisant à pêcher l'anguille dans les eaux maritimes de la Communauté conformément à l'article 7, en indiquant la longueur totale du navire ;
 - une liste de tous les bateaux de pêche ou des pêcheurs professionnels autorisés à pêcher l'anguille sur les bassins versants à anguille qui constituent les habitats normaux de l'anguille comme définis par des Etats membres selon l'article 2(1)
 - Une liste de toutes les criées ou des autres structures ou personnes autorisées par les Etats Membres à entreprendre la première mise en vente de l'anguille
2. Les Etats membres établiront de façon régulière une évaluation du nombre de pêcheurs sportifs et de leurs captures d'anguilles.
3. Sur demande de la Commission, les Etats membres fourniront les informations visées aux paragraphes 1 et 2.

Article 11

Control and enforcement concerning imports and exports of eel

1. Au plus tard le 1 juillet 2009 les Etats membres devront :
 - prendre les mesures nécessaires pour identifier l'origine et assurer la traçabilité de toute anguille vivante importée ou exportée de leur territoire.
 - s'assurer que les anguilles pêchées et exportées de leur territoire ont été pêchées légalement et conformément aux mesures de conservation de la Communauté

- prendre des mesures pour déterminer si les anguilles pêchées par une organisation régionale pertinente et importées dans leur territoire ont bien été pêchées légalement et conformément aux mesures de conservation de la Communauté.

Article 12

Entry into force

Ce règlement entrera en vigueur le troisième jour suivant sa publication dans le Journal officiel de l'union européenne, mais pas avant 1 juillet 2007.

Ce règlement sera obligatoire en sa totalité et directement applicable dans tous les Etats membres.

Joint Statement Council and Commission

L'objectif des 40% d'échappement évoqué dans l'article 2(4) devra être compris comme une moyenne, pour ce qui concerne les eaux d'un Etat Membre, permettant ainsi une différenciation selon les conditions spécifiques rencontrées dans les différents Bassins Versants à Anguille

Statement by the Commission concerning restrictions on international trade in European eel.

La Commission prévoit, par l'adoption de ce règlement et pour appuyer les mesures de repeuplement qui auront été prises, de proposer des restrictions au commerce international de l'anguille européenne. La Commission a l'intention de respecter entièrement les engagements de l'OMC en rédigeant une telle proposition.

En outre, la Commission a récemment exprimé son soutien de la proposition de la Suède pour inclure l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) en annexe II de la convention sur le commerce international des Espèces en danger (CITES).

Draft Commission Declaration

Un déclin des prix moyens des anguilles utilisées pour réapprovisionner sur le marché, comme visé en article 6(6), doit normalement être considéré comme signifiant si ces prix sont inférieurs de 20% aux prix de ces anguilles utilisées pour d'autres buts. Là où une réduction provisoire du pourcentage est décidée elle devra refléter la balance de la réduction des prix.

ANNEXE II

Fiche d'information des installations hydrauliques (PM CHAPON, 2007)

"INSTALLATION HYDRAULIQUE"

FICHE D'INFORMATION

BASSIN :

COURS D'EAU :

NOM :

CODE_CSP

PROPRIETAIRE

Nom

☐

Particulier

☐

Collectivité

Adresse

☐

Entreprise (1)

☐

Etat - EP

Code Postal

Commune

☐

Association

☐

Autre

GESTIONNAIRE

Nom

☐

Particulier

☐

Collectivité

Adresse

☐

Entreprise (1)

☐

Etat - EP

Code Postal

Commune

☐

Association

☐

Autre

(1) Agricole, Commerciale ou Industrielle

USAGE(S) DES INSTALLATIONS

Ouvrages hydrauliques

☐

Pas (plus) d'ouvrage

☐

Electricité vente

☐

Electricité autoconsom.

☐

Navigation

☐

Pompage AEP

☐

Autre prélèvement d'eau

☐

Pisciculture

☐

Sécurité contre les inondations

☐

Soutien d'étiage

☐

Sécurité incendie

☐

Loisir-Tourisme-Sport nautique

☐

Agrément

☐

Sans usage particulier

☐

Autre

Batiments

☐

Pas (plus) de bâtiment

☐

Habitation principale

☐

Résidence secondaire

☐

Gîte rural - Camping

☐

Activité commerciale

☐

Activité industrielle-artisanale

☐

Activité agricole

☐

Activité de loisir - sportive

☐

Muséographie - Patrimoine

☐

Pompage AEP

☐

Sans

☐

Autre

Usage ancien

☐

Moulin

☐

Autre :

Ancienne pêche de anguille d'avalaison

☐

Oui

☐

Non

☐

Ignore

Date fiche

Auteur

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE PRINCIPAL

LOCALISATION

- ☐ sur le cours principal
☐ en dérivation

Coord. Lambert

X

(facultatif si carte joint)

Y

FONCTION(S) HYDRAULIQUE(S)

- ☐ Alimentation "chute d'eau"
☐ Dérivation d'eau
☐ Prélèvement d'eau

- ☐ Maintien ligne d'eau
☐ Régulation ligne d'eau
☐ Régulation débit

- ☐ Création plan d'eau - retenue
☐ Anti-marée
☐ Autre

Dénivelé à l'étiage (m) :

Valeur mesurée

☐

ou estimée

☐

* (cocher plusieurs cases si nécessaires)

EQUIPEMENTS HYDRAULIQUES ASSOCIES

- ☐ Roue(s) ☐ Turbine(s) ☐ Stade d'eau vive
☐ Ecluse ☐ Station pompage ☐ Autre (préciser)

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES

Eléments Fixe(s)

☐

Eléments Mobile(s)

☐

Type

Type

- ☐ Barrage
☐ Digue
☐ Déversoir incliné
☐ Déversoir vertical
☐ Radier à paroi inclinée
☐ Radier à paroi verticale
☐ Enrochement libre
☐ Buse
☐ Autre (préciser en obs.)

"Vannage"

☐

- ☐ Clapet basculant
☐ Vanne(s) levante(s)
☐ Madriers - Planches
☐ Système anti-refoulement
☐ Ecluse
☐ Pertuis libre(s)
☐ Autre (préciser en obs.)

"Rehausse"

☐

- ☐ Clapet basculant
☐ Vanne(s) levante(s)
☐ Madriers - Planches
☐ Aiguilles

☐ Autre (préciser en obs.)

Etat

Etat

- ☐ Bon
☐ Moyen
☐ Mauvais (fuites)
☐ En ruine (brèche, éboulé)
☐ Effacé Détruit

Manœuvrable ☐ Oui ☐ Non

Fuites

- ☐ Absence
☐ Peu importantes
☐ Importantes

Manœuvrable ☐ Oui

☐ Non

Commentaire - Observation / Ouvrage principal

DESCRIPTION SOMMAIRE DES OUVRAGES SECONDAIRES

EQUIPEMENT(S) POUR LE FRANCHISSEMENT

Obligation réglementaire : Oui ☐ Raison : ☐ Cours d'eau classé au L. 432.6
Non ☐ ☐ Règlement d'eau

EQUIPEMENT(S) POUR LA MONTAISON

Passe à poissons

Type passe

- ☐ Ascenseur
- ☐ P. Bassins successifs
- ☐ P. Ralentisseurs
- ☐ Prébarrages
- ☐ Echancrure
- ☐ Rivière artificielle
- ☐ Echarpe
- ☐ Passe rustique
- ☐ Autre

Année de mise en service

Passe à anguille

Type passe

- ☐ Ascenseur
- ☐ Tapis brosse
- ☐ Substrat rugueux (plots)
- ☐ Passe piège
- ☐ Autre

Année de mise en service

Appréciation sur le fonctionnement, l'efficacité :

Passe à poisson ☐ Satisfaisant ☐ Moyen ☐ Médiocre ☐ Nul
Passe à Anguille ☐ Satisfaisant ☐ Moyen ☐ Médiocre ☐

Cause éventuelle de dysfonctionnement

☐ Conception ☐ Emplacement ☐ Débit d'attrait ☐ Gestion ouvrage
☐ Réalisation-Installation ☐ Usure-Vétusté ☐ Calage ☐ Entretien

EQUIPEMENT POUR LA DEVALAISON

Nécessité d'équipement : ☐ Oui ☐ Non

Cause : ☐ Turbine ☐ Haute chute ☐ Piégeage

Equipement(s) en place :

☐ Grille Espacement des barreaux
☐ Goulotte de dévalaison ☐ Piège de dévalaison

EVENTUELLE(S) MESURE(S) MISE(S) EN ŒUVRE POUR FAVORISER LA CIRULATION

☐ Enlèvement total des vanne(s) ou bastaing(s) ☐ Pratique d'éclusées
☐ Ouverture quasi-permanente de(s) vanne(s) ☐ Ecrêtement de l'ouvrage
☐ Ouverture temporaire de(s) vanne(s) ou bastaing(s) ☐ Destruction - Effacement
☐ Autre Préciser :

OBSERVATIONS COMPLEMENTAIRES CONCERNANT LES EQUIPEMENTS OU MESURES PRISES POUR LE FRANCHISSEMENT DES POISSONS

IMPACTS SUR LE COURS D'EAU		
DERIVATION		
☐ Oui ☐ Non	Longueur de cours d'eau dérivé Répartition du débit (%) : Rivière Bief Appréciation débit réservé : ☐ Suffisant ☐ Insuffisant	<i>Longueur canal d'amenée</i> <i>Longueur canal de fuite</i>
Observations :		
RETENUE		
☐ Oui ☐ Non	Longueur de la retenue : Appréciation de l'impact sur les habitats : ☐ Faible ☐ Moyen ☐ Fort	
Observations :		
COMMENTAIRES / PRECISION / SCHEMA		

EVALUATION DE LA FRANCHISSIBILITE DE L'OUVRAGE

ANGUILLE

CRITERE D'EVALUATION		NOTE (2)	
HAUTEUR DE CHUTE m	< 0,5 m	+1	
	de 0,5 à 1 m	+2	
	de 1 m à 2 m	+3	
	plus de 2 m	+4	
PROFIL DE L'OUVRAGE (voir schéma)	Partie verticale (Pente supérieure à 5H/1L) et/ou rupture de pente très marquée (ex: ressaut)	+1	
	Partie très pentue (entre 5H/1L et 3H/2L) et/ou rupture de pente marquée	+0,5	
	Face aval très inclinée (Pente entre 1H/5L et 3H/L)	-0,5	
	Face aval en pente douce (Pente inférieure ou égale à 1H/5L)	-1	
RUGOSITE	Matériaux étanches et lisses	+1	
	Parement aval rugueux (joints creux, mousses)	-0,5	
	Parement aval très rugueux (enroché, dépareillé, végétalisé)	-1	
EFFET BERGE	Berges à pente favorable	-0,5	
DIVERSITE	Existence d'une voie de passage plus facile	-0,5	
	Existence d'une voie de passage beaucoup plus facile	-1	

Avis d'expert
(Classe de franchissement) (1)

SYNTHESE Grille

Critère	Note obtenue
HAUTEUR	
PROFIL	
RUGOSITE	
BERGE	
DIVERSITE	
SCORE	

(1) Note de 0 à 5 (voir grille "Franchissabilité anguille") / (2) Cocher la case correspondante

AUTRES ESPECES MIGRATRICES

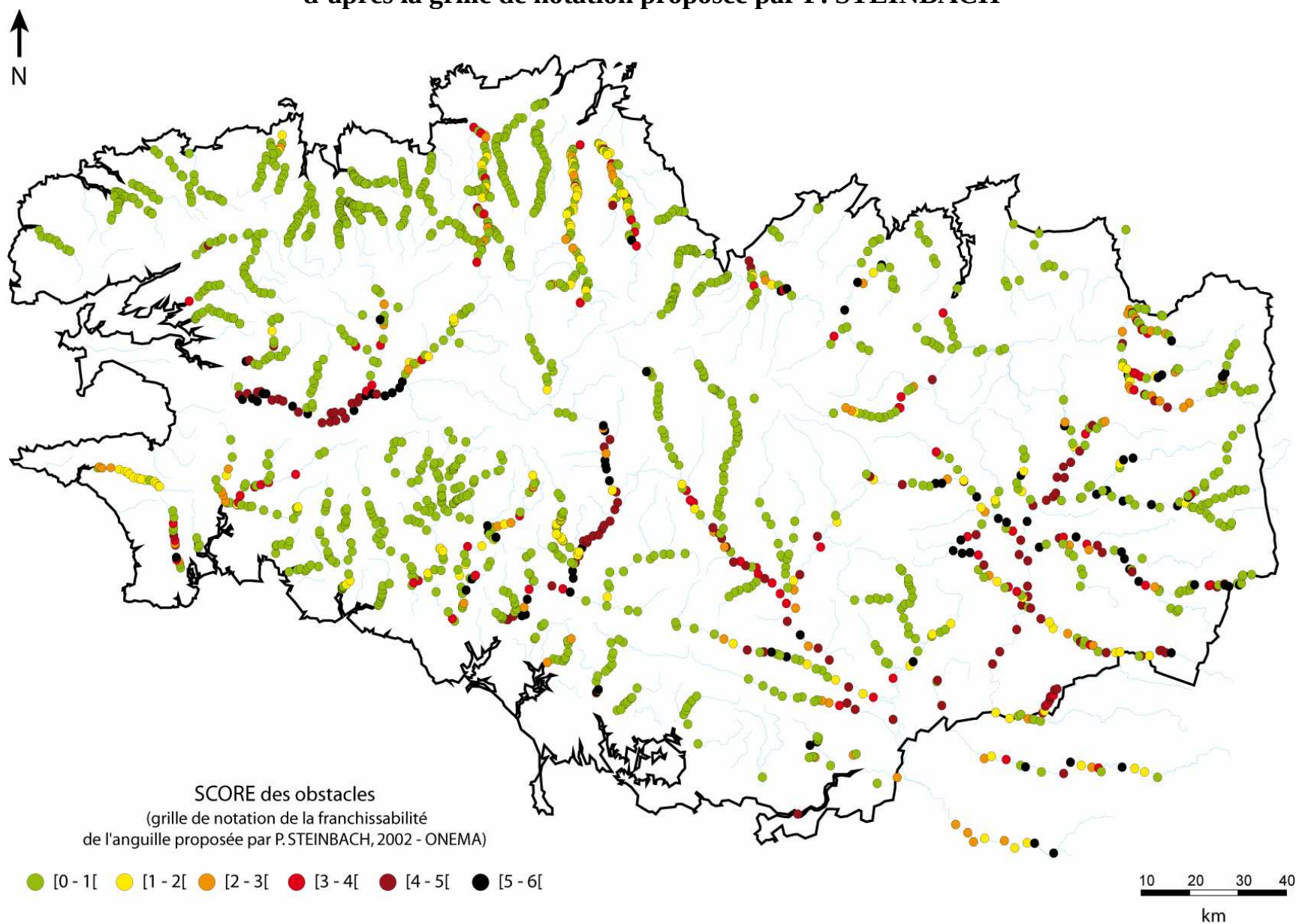
ESPECE (3)	Basses Eaux	Moyennes Eaux	Hautes Eaux	Crue "Moyenne"	Crue "Exceptionnelle"	CLASSE DE (4) FRANCHISSABILITE
SAUMON ATLANTIQUE	☐	☐	☐	☐	☐	☐
LAMPROIE MARINE	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ALOSE	☐	☐	☐	☐	☐	☐
TRUITE FARIO	☐	☐	☐	☐	☐	☐
BROCHET	☐	☐	☐	☐	☐	☐

(3) F = franchissable ; D = difficilement franchissable ; I = infranchissable / (4) Note de 0 à 5 (voir grille franchissabilité)

OBSERVATIONS GENERALES / Facteurs limitants

Hauteur de chute trop importante, absence de fosse d'appel, lame d'eau insuffisante, vitesse de courant trop élevée, géométrie défavorable, présence d'un ressaut, enrochement en pied d'obstacle, débit d'attrait insuffisant,

ANNEXE III : Obstacles recensés en Bretagne et note de franchissabilité par l'anguille (score) obtenu d'après la grille de notation proposée par P. STEINBACH



ANNEXE IV

Script de la base « migang » sous PostgrSQL

```
-- Diagram Name: migang
-- Auteurs : Cédric Briand et Gaëlle Leprévost
-- Created on: 08/02/2007
-- Diagram Version: 1.0

=====

-- Drop table "public"."tr_typepasse_typ"
DROP TABLE "public"."tr_typepasse_typ" CASCADE;
-- Drop table "public"."tr_typedturbine_typt"
DROP TABLE "public"."tr_typedturbine_typt" CASCADE;
-- Drop table "public"."tr_taxon_tax"
DROP TABLE "public"."tr_taxon_tax" CASCADE;
-- Drop table "public"."tr_usage_us"
DROP TABLE "public"."tr_usage_us" CASCADE;
-- Drop table "public"."tr_nature_nov"
DROP TABLE "public"."tr_nature_nov" CASCADE;
-- Drop table "public"."tr_typednote_tyn"
DROP TABLE "public"."tr_typednote_tyn" CASCADE;
-- Drop table "public"."tj_espececeivable_esp"
DROP TABLE "public"."tj_espececeivable_esp" CASCADE;
-- Drop table "public"."tj_natureouvrage_nao"
DROP TABLE tj_natureouvrage_nao CASCADE;
-- Drop table "public"."tj_ouvrageusage_ouu"
DROP TABLE tj_ouvrageusage_ouu CASCADE;
-- Drop table "public"."t_ouvrage_ouv"
DROP TABLE "public"."t_ouvrage_ouv" CASCADE;
-- Drop table "public"."t_franchisbar_fba"
DROP TABLE "public"."t_franchisbar_fba" CASCADE;
-- Drop table "public"."t_denivele_den"
DROP TABLE "public"."t_denivele_den" CASCADE;
-- Drop table "public"."t_passe_passe"
DROP TABLE "public"."t_passe_passe" CASCADE;
-- Drop table "public"."t_devalaison_deval"
DROP TABLE "public"."t_devalaison_deval" CASCADE;
-- Drop table "public"."t_turbine_turb"
DROP TABLE "public"."t_turbine_turb" CASCADE;
-- Drop table "public"."t_bvsansbar_bv"
DROP TABLE "public"."t_bvsansbar_bv" CASCADE;
```

```
/* Tables de la base */
```

```
CREATE TABLE "public"."t_bvsansbar_bv" (
  "bv_id" varchar(10) NOT NULL,
  "bv_codegenerique" varchar(8) NOT NULL,
  "bv_distancesource" float4 NOT NULL,
  "bv_distancemer" float4 NOT NULL,
  "bv_distancemareedyn" float4 NOT NULL,
  "bv_sbv" float4 NOT NULL,
  "bv_rinom" varchar(150),
  "bv_abscisse" float4 NOT NULL,
  "bv_ordonnee" float4 NOT NULL,
  "bv_commentaires" text
)
CREATE TABLE "public"."t_ouvrage_ouv" (
  "ouv_id" varchar(7) NOT NULL,
```

```

"ouv_ouv_id" varchar(7),
"ouv_baraval" varchar(7) NOT NULL,
"ouv_codegenerique" varchar(8) NOT NULL,
"ouv_distancesource" float4 NOT NULL,
"ouv_distancemer" float4 NOT NULL,
"ouv_distancemareedyn" float4 NOT NULL,
"ouv_sbv" float4 NOT NULL,
"ouv_bassin" varchar(20) NOT NULL,
"ouv_rinom" varchar(150) NOT NULL,
"ouv_abscisse" float4 NOT NULL,
"ouv_ordonnee" float4 NOT NULL,
"ouv_libelle" varchar(100),
"ouv_commentaires" text,
CONSTRAINT "c_pk_ouv_idouvrage" PRIMARY KEY("ouv_id")
)
WITHOUT OIDS;
COMMENT ON COLUMN "public"."t_ouvrage_ouv"."ouv_ouv_id" IS 'référence l'ouvrage père';

CREATE TABLE "public"."t_denivele_den" (
  "den_id" SERIAL NOT NULL,
  "den_ouv_id" varchar(7) NOT NULL,
  "den_date" date,
  "den_denivele" float4 NOT NULL,
  "den_debit" float4,
  CONSTRAINT "c_pk_den_id" PRIMARY KEY("den_id")
);
COMMENT ON TABLE "public"."t_denivele_den" IS 'Mesure du dénivelé de l'ouvrage';

CREATE TABLE "public"."t_franchisbar_fba" (
  "fba_id" SERIAL NOT NULL,
  "fba_ouv_id" varchar(7) NOT NULL,
  "fba_tax_code" varchar(6) NOT NULL,
  "fba_valeurnote" float4,
  "fba_tyn_typenote" varchar(10) NOT NULL,
  "fba_datedebut" date DEFAULT '1900-01-01',
  "fba_datefin" date,
  "fba_commentaires" text,
  CONSTRAINT "c_pk_fba_id_pk" PRIMARY KEY("fba_id"),
  CONSTRAINT "c_uk_fba_ouv_pk" UNIQUE("fba_ouv_id", "fba_tax_code", "fba_tyn_typenote")
);

COMMENT ON TABLE "public"."t_franchisbar_fba" IS 'Table d'expertise de franchissement.
Il ne peut y avoir qu'une seule expertise de franchissement pour une caractéristique d'ouvrage (sur une
période) et une espèce.';
COMMENT ON COLUMN "public"."t_franchisbar_fba"."fba_datedebut" IS 'Date de l'expertise
de franchissement, il ne peut y avoir qu'une expertise pour une caractéristique d'ouvrage donnée';
COMMENT ON COLUMN "public"."t_franchisbar_fba"."fba_tax_code" IS 'code sandre du taxon
hérité de la table taxon';
COMMENT ON COLUMN "public"."t_franchisbar_fba"."fba_valeurnote" IS 'Note moyenne de
franchissement, ce champ pourra être calculé par la suite (ex note anguille)';

CREATE TABLE "public"."t_passe_passe" (
  "passe_code" SERIAL NOT NULL,
  "passe_ouv_id" varchar(7) NOT NULL,
  "passe_typ_code" varchar(20) NOT NULL,
  "passe_datedebut" date DEFAULT '1900-01-01',
  "passe_datefin" date,

```

```

    "passe_desc" varchar(40),
    CONSTRAINT "c_ck_passe_datedebut" CHECK((((passe_datefin >= passe_datedebut))),
    CONSTRAINT "c_pk_passe_code" PRIMARY KEY("passe_code")
);
CREATE TABLE "public"."t_devalaison_deval" (
    "deval_code" SERIAL NOT NULL,
    "deval_ouv_id" varchar(7),
    "deval_existdeval" bool,
    "deval_hauteur" int4,
    "deval_grilles" bool,
    "deval_ecartement" int4,
    "deval_vitesse" int4,
    CONSTRAINT "c_pk_deval_code" PRIMARY KEY("deval_code")
);
CREATE TABLE "public"."t_turbine_turb" (
    "turb_code" SERIAL NOT NULL,
    "turb_ouv_id" varchar(7),
    "turb_typeturbine" varchar(15),
    "turb_datecreation" date DEFAULT '1900-01-01',
    "turb_datesuppression" date,
    "turb_desc" varchar(40),
    "turb_enservice" bool,
    "turb_puissance" float4,
    "turb_diametre" float4,
    "turb_debit" float4,
    "turb_nbpales" int4,
    "turb_debitamenagement" int4,
    CONSTRAINT "c_ck_turb_datesuppression" CHECK((((turb_datesuppression >
turb_datecreation))),
    CONSTRAINT "c_pk_turb_code" PRIMARY KEY("turb_code")
);

/*-----Tables relationnelles-----*/
CREATE TABLE "public"."tr_typepasse_typ" (
    "typ_code" varchar(12) NOT NULL,
    "typ_libelle" varchar(60),
    CONSTRAINT "c_pk_typ_code" PRIMARY KEY("typ_code")
);
CREATE TABLE "public"."tr_typeturbine_typt" (
    "typt_code" varchar(20) NOT NULL,
    "typt_libelle" varchar(40),
    CONSTRAINT "c_pk_typt_code" PRIMARY KEY("typt_code")
);
CREATE TABLE "public"."tr_taxon_tax" (
    "tax_code" varchar(6) NOT NULL,
    "tax_nom_latin" varchar(30) NOT NULL,
    "tax_nom_commun" varchar(30),
    "tax_ntx_code" varchar(4) NOT NULL,
    "tax_tax_code" varchar(6),
    "tax_rang" int4 NOT NULL DEFAULT 1,
    CONSTRAINT "c_pk_tax" PRIMARY KEY("tax_code"),
    CONSTRAINT "c_uq_tax_nom_latin" UNIQUE("tax_nom_latin")
)
WITH OIDS;

CREATE INDEX "i_tax_code" ON "public"."tr_taxon_tax" USING BTREE ("tax_code");
COMMENT ON TABLE "public"."tr_taxon_tax" IS

```

```

CREATE TABLE "public"."tr_usage_us" (
  "us_code" varchar(10) NOT NULL,
  "us_nom" varchar(60) NOT NULL,
  "us_commentaire" text,
  CONSTRAINT "c_pk_us_code" PRIMARY KEY("us_code"),
  CONSTRAINT "c_uq_us_nom" UNIQUE("us_nom")
);

CREATE TABLE "public"."tr_nature_nov" (
  "nov_code" varchar(12) NOT NULL,
  "nov_partieouvrage" varchar(40) NOT NULL,
  "nov_organe" varchar(40) NOT NULL,
  "nov_description" text,
  CONSTRAINT "c_pk_nov" PRIMARY KEY("nov_code"),
  CONSTRAINT "c_uq_nov_nom" UNIQUE("nov_partieouvrage", "nov_organe")
)
WITHOUT OIDS;

CREATE TABLE "public"."tr_typenote_tyn" (
  "tyn_typenote" varchar(10) NOT NULL,
  "tyn_description" text,
  CONSTRAINT "c_pk_tyn_typenote" PRIMARY KEY("tyn_typenote")
);

/*-----Tables de jointures-----*/
CREATE TABLE "public"."tj_espececeivable_esp" (
  "esp_tax_code" varchar(6) NOT NULL,
  "esp_passe_code" int4 NOT NULL,
  CONSTRAINT "c_pk_esp" PRIMARY KEY("esp_tax_code", "esp_passe_code")
);
/* Table de jointure table usage ouvrage*/
CREATE TABLE "public"."tj_ouvrageusage_ouu" (
  "ouu_us_code" varchar(10) NOT NULL,
  "ouu_ouv_id" varchar(7) NOT NULL,
  "ouu_datedebut" date,
  "ouu_datefin" date,
  CONSTRAINT "c_pk_ouu" PRIMARY KEY("ouu_us_code", "ouu_ouv_id", "ouu_datedebut" ),
  CONSTRAINT "c_ck_ouu_datefin" CHECK(ouu_datefin > ouu_datedebut)
);
-- clé étrangère vers la table usage

ALTER TABLE "public"."tj_ouvrageusage_ouu" ADD CONSTRAINT "c_fk_ouu_us_code"
FOREIGN KEY ("ouu_us_code")
REFERENCES "public"."tr_usage_us"("us_code")
  MATCH FULL
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION
  NOT DEFERRABLE;
-- clé étrangère pour les caractéristiques d'ouvrage

ALTER TABLE "public"."tj_ouvrageusage_ouu" ADD CONSTRAINT "c_fk_ouu_ouv_id"
FOREIGN KEY ("ouu_ouv_id")
REFERENCES "public"."t_ouvrage_ouv"("ouv_id")
  MATCH FULL
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION

```

```

NOT DEFERRABLE;

/* Table de jointure table nature ouvrage*/
CREATE TABLE "public"."tj_natureouvrage_nao" (
  "nao_id" serial,
  "nao_nov_code" varchar(12) NOT NULL,
  "nao_ouv_id" varchar(7) NOT NULL,
  "nao_datedebut" date NOT NULL,
  "nao_datefin" date,
  CONSTRAINT "c_pk_nao_nao_id" PRIMARY KEY("nao_id"),
  CONSTRAINT "c_ck_nao_datefin" CHECK(nao_datefin > nao_datedebut)
);
UPDATE tj_natureouvrage_nao SET nao_datefin=NULL;
-- clé étrangère pour la nature d'ouvrage

ALTER TABLE "public"."tj_natureouvrage_nao" ADD CONSTRAINT "c_fk_nao_nov_code"
FOREIGN KEY ("nao_nov_code")
REFERENCES "public"."tr_nature_nov"("nov_code")
  MATCH FULL
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION
  NOT DEFERRABLE;
-- clé étrangère pour les caractéristiques d'ouvrage

ALTER TABLE "public"."tj_natureouvrage_nao" ADD CONSTRAINT "c_fk_nao_ouv_id"
FOREIGN KEY ("nao_ouv_id")
REFERENCES "public"."t_ouvrage_ouv"("ouv_id")
  MATCH FULL
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION
  NOT DEFERRABLE;

/* Table de jointure table ouvrage station de pêche*/
ALTER TABLE "public"."tj_espececeivable_esp" ADD CONSTRAINT "c_fk_esp_tax_code"
FOREIGN KEY ("esp_tax_code")
REFERENCES "public"."tr_taxon_tax"("tax_code")
  MATCH FULL
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION
  NOT DEFERRABLE;

ALTER TABLE "public"."tj_espececeivable_esp" ADD CONSTRAINT "c_fk_esp_passe_code"
FOREIGN KEY ("esp_passe_code")
REFERENCES "public"."t_passe_passe"("passe_code")
  MATCH FULL
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION
  NOT DEFERRABLE;

ALTER TABLE "public"."t_franchisbar_fba" ADD CONSTRAINT "c_fk_fba_ouv_id" FOREIGN
KEY ("fba_ouv_id")
REFERENCES "public"."t_ouvrage_ouv"("ouv_id")
  MATCH FULL
  ON DELETE NO ACTION
  ON UPDATE NO ACTION
  NOT DEFERRABLE;

```

```
ALTER TABLE "public"."t_franchisbar_fba" ADD CONSTRAINT "c_fk_fba_tax_code"
FOREIGN KEY ("fba_tax_code")
REFERENCES "public"."tr_taxon_tax"("tax_code")
MATCH FULL
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE "public"."t_franchisbar_fba" ADD CONSTRAINT "c_fk_fba_tyn_typenote"
FOREIGN KEY ("fba_tyn_typenote")
REFERENCES "public"."tr_typenote_tyn"("tyn_typenote")
MATCH FULL
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE "public"."t_passe_passe" ADD CONSTRAINT "c_fk_typ_code" FOREIGN KEY
("passe_typ_code")
REFERENCES "public"."tr_typepasse_typ"("typ_code")
MATCH FULL
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE "public"."t_passe_passe" ADD CONSTRAINT "c_fk_passe_ouv_id" FOREIGN
KEY ("passe_ouv_id")
REFERENCES "public"."t_ouvrage_ouv"("ouv_id")
MATCH FULL
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE "public"."t_devalaison_deval" ADD CONSTRAINT "c_fk_deval_ouv_id"
FOREIGN KEY ("deval_ouv_id")
REFERENCES "public"."t_ouvrage_ouv"("ouv_id")
MATCH FULL
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE "public"."t_ouvrage_ouv" ADD CONSTRAINT "c_fk_ouv_ouv_id" FOREIGN
KEY ("ouv_ouv_id")
REFERENCES "public"."t_ouvrage_ouv"("ouv_id")
MATCH FULL
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE "public"."t_turbine_turb" ADD CONSTRAINT "c_fk_turb_typeturbine"
FOREIGN KEY ("turb_typeturbine")
REFERENCES "public"."tr_typeturbine_typt"("typt_code")
MATCH FULL
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE "public"."t_turbine_turb" ADD CONSTRAINT "c_fk_turb_ouv_id" FOREIGN
KEY ("turb_ouv_id")
REFERENCES "public"."t_ouvrage_ouv"("ouv_id")
MATCH FULL
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION
NOT DEFERRABLE;
```

```
ALTER TABLE "public"."t_denivele_den" ADD CONSTRAINT "c_fk_den_ouv_id" FOREIGN
KEY ("den_ouv_id")
REFERENCES "public"."t_ouvrage_ouv"("ouv_id")
MATCH FULL
ON DELETE NO ACTION
ON UPDATE NO ACTION
NOT DEFERRABLE;
```

```
-- View: "v_ouv_passe"
-- DROP VIEW v_ouv_passe;
CREATE OR REPLACE VIEW v_ouv_passe AS
SELECT      temptable.ouv_abscisse,temptable.ouv_ordonnee,      temptable.passe_code,
temptable.passe_ouv_id,      temptable.passe_typ_code,      temptable.passe_datedebut,
temptable.passe_datefin,  temptable.passe_descr,  temptable.typ_code,  temptable.typ_libelle,
temptable.fba_id,  temptable.fba_ouv_id,  temptable.fba_tax_code,  temptable.fba_valeurnote,
temptable.fba_tyn_typenote
FROM ( SELECT  ouv.ouv_abscisse,ouv.ouv_ordonnee,passe.passe_code,  passe.passe_ouv_id,
passe.passe_typ_code, passe.passe_datedebut, passe.passe_datefin, passe.passe_descr, typ.typ_code,
typ.typ_libelle,      t_franchisbar_fba.fba_id,      t_franchisbar_fba.fba_ouv_id,
t_franchisbar_fba.fba_tax_code,      t_franchisbar_fba.fba_valeurnote,
t_franchisbar_fba.fba_tyn_typenote
FROM t_ouvrage_ouv ouv
JOIN t_passe_passe passe ON ouv.ouv_id::text = passe.passe_ouv_id::text
JOIN tr_typepasse_typ typ ON passe.passe_typ_code::text = typ.typ_code::text
LEFT JOIN t_franchisbar_fba ON t_franchisbar_fba.fba_ouv_id::text = ouv.ouv_id::text
WHERE t_franchisbar_fba.fba_tyn_typenote::text = 'EXPERTISE'::text) temptable
WHERE temptable.fba_valeurnote < 3::double precision;
```

```
ALTER TABLE v_ouv_passe OWNER TO postgres;
```

```
-- View: "v_ouv_fba"
-- DROP VIEW v_ouv_fba;
CREATE OR REPLACE VIEW v_ouv_fba AS
SELECT * FROM t_ouvrage_ouv
JOIN t_franchisbar_fba ON t_ouvrage_ouv.ouv_id::text = t_franchisbar_fba.fba_ouv_id::text
WHERE fba_tax_code='2038';
ALTER TABLE v_ouv_fba OWNER TO postgres;
```

```
-- View: "v_ouv_nao"
-- DROP VIEW v_ouv_nao;
CREATE OR REPLACE VIEW v_ouv_nao AS
SELECT * FROM t_ouvrage_ouv INNER JOIN tj_natureouvrage_nao ON ouv_id=nao_ouv_id;
```

```
-- View: "v_ouv_den"
-- DROP VIEW v_ouv_den;
CREATE OR REPLACE VIEW v_ouv_den AS
SELECT * FROM t_ouvrage_ouv INNER JOIN t_denivele_den ON ouv_id=den_ouv_id;
```

ANNEXE V

Les tables relationnelles de la base de données Postgres

tr_natureouvrage_nao		
Code	Partie de l'ouvrage	Intitulé de la nature de l'ouvrage
OF-RUINE	Ouvrage fixe	Démantèle ou ruine
OF-BARRAGE	Ouvrage fixe	Barrage
OF-DIGUE	Ouvrage fixe	Digue
OF-DEV-INC	Ouvrage fixe	Déversoir incline
OF-DEV-VER	Ouvrage fixe	Déversoir vertical
OF-RAD-INC	Ouvrage fixe	Radier a paroi inclinée
OF-RAD-VER	Ouvrage fixe	Radier a paroi verticale
OF-ENROCHT	Ouvrage fixe	Enrochement libre
OF-BUSE	Ouvrage fixe	Buse
OF-CHUTNAT	Ouvrage fixe	Chute naturelle
OF-AUTRE	Ouvrage fixe	Autre
OMV-RUI	Ouvrage mobile	Démantelé ou ruine
OMV-CBA	Ouvrage mobile vannage	Clapet basculant
OMV-VL	Ouvrage mobile vannage	Vanne(s) levante(s)
OMV-MP	Ouvrage mobile vannage	Madriers - Planches
OMV-SAR	Ouvrage mobile vannage	Système anti-refoulement
OMV-ECL	Ouvrage mobile vannage	Ecluse
OMV-AUTRE	Ouvrage mobile vannage	Autre
OMR-CBA	Ouvrage mobile rehausse	Clapet basculant
OMR-VL	Ouvrage mobile rehausse	Vanne(s) levante(s)
OMR-MP	Ouvrage mobile rehausse	Madriers - Planches
OMR-AIG	Ouvrage mobile rehausse	Aiguilles
OMR-AUTRE	Ouvrage mobile rehausse	Autre

tr_ouvrageusage_ouu	
Code	Intitulé de l'usage de l'ouvrage
ELEC-VEN	Electricité vente
ELEC-AUTO	Electricité autoconsommation
NAV	Navigation
AEP	AEP
IRR	Irrigation
IND	Industrie
PISCI	Pisciculture
SECU-INON	Sécurité inondation
SOUT-ETI	Soutien d'étiage
SECU-INCEN	Sécurité incendie
REG-NIV	Régulation niveau d'eau
LOISIR	Loisir - Tourisme - Sport nautique
ABREU	Abreuvement
JAUGE	Jaugeage
ANTI-ERO	Anti-Erosion
ANTI-MAR	Anti-Marée
TRANSP	Transport
AGREM	Agrément
SANS-USAGE	Sans usage
AUTRE	Autre

tr_typepasse_typ	
Code	Intitulé de la passe ou de la mesure de gestion
PP Asc	Ascenseur
PPB	Passe bassins successifs
PPR	Passe ralentisseur
PP Prebar	Pré-barrage
PP Echan	Echancrure
PPRA	Rivière artificielle
PP Echarpe	Echarpe
PP Rustique	Passe rustique
PP Ecluse	Ecluse
PP Piege	Passe piège
PP Or Noyé	Passe orifice noyé
PP Autre	Autre
PA Asc	Passe anguille Ascenseur
PA TB	Tapis brosse
PA SR	Substrat rugueux
PA Piege	Passe anguille piège
PA Rustique	Passe anguille rustique
PA Autre	Autre
PP	Indéterminé
PP Mixte	Canoë et passe poisson
MG Ouv perm	Ouverture permanente vannage
MG Ouv temp	Ouverture temporaire vannage
MG Elusees	Eclusées
MG Sup vanne	Suppression vannage Pertuis libre
MG Abandon	Abandon ouvrage - Brèche - Eboulement
MG Arasement	Arasement ouvrage vannage
MG Autre	Autre

tr_typenote_tyn	
EXPERTISE	"kkk"
SCORE	"kkk"
HAUTEUR	"kkk"
PROFIL	"kkk"
RUGOSITE	"kkk"
BERGE	"kkk"
DIVERSITE	"kkk"



Programme principal de lancement du programme



1- Installation des packages

2- Choix du répertoire de travail : Cédric ou Gaëlle

Ordi : Cédric / Gaëlle ?

3- Fonctions de connection à la base "obstacle" sous PostgreSQL et à la base Oracle

Fonction de connection à la base fn_sql_0.r

- arg(baseODBC, sql, uid, pwd)
→ return(list("query"=query, "sql"=sql))

Fonction pour lire des fichiers de type sql fn_sql_readsql.r

- arg(con, ok=TRUE, warn=TRUE)
→ return (newvecteurchar)

Fonction pour sauver des fichiers R.data sauve.r

- arg(path)
→ return(fileName)

Fonction de connection à la base fn_sql.r

- arg(baseODBC, nomtable, colonnes="*", datedebut, datefin, coldatedebut, coldatefin,
criteres="", ordre)
→ return(list("query"=query, "sql"=sql))

Fonction de connection à la base fn_sql_tables.r

- arg(baseODBC, sql, uid, pwd)
→ return(resultatRequete)

Fonction pour se connecter à la base de données Oracle de l'ONEMA fn_sql_oracle.r

- arg(baseODBC, sql)
→ return(list("query"=query, "sql"=sql))

Fonction pour se connecter à la base de données "barrage" sur Postgres fn_sql_postgres.r

- arg(baseODBC, sql)
→ return(list("query"=query, "sql"=sql))

Programme pour faire apparaître la progression des calculs progressbar.r

4- Choix de connection à la base Oracle

"Veux-tu faire tourner sur Oracle" ?

Fonction pour la création de la table "t_densite.Rdata"



- arg(limite=0.5, rangelotg=150)

Script de requête des bassins dans la base oracle à l'aide du code générique fn_sql_bassin.r

- arg(table)
→ return(sql)

Fonction pour lire des fichiers de type sql vect_to_listsql.r

- arg(vect)
(transforme un vecteur en un objet list lisible par le sql)
→ return(listsql)

 Table des bassins
"tablebassin.csv"
Sélection des stations correspondant
aux bassins et aux rivières sélectionnéesChoix des bassins
et des rivières

Liste des années de pêche disponibles

Choix des années

sql_taxons.sql

Liste des méthodes de prospection disponibles

Choix des méthodes de prospection

sql_methodeprospection.sql

Liste des moyens de prospection disponibles

Choix des moyens de prospection

sql_moyenprospection.sql

Liste des objectifs de pêche disponibles

Choix de l'objectifs de la pêche

sql_objectifpeche.sql



1- Table "t_densite" pour TA_CODE = 'ANG' sql_densite.sql

- ST_ID : Identifiant de la station de pêche
- OP_NUMERO : Identifiant de l'opération de pêche
- OP_DATEDEBUT : date de l'opération de pêche
- OT_EFFECTIF : Effectif d'anguilles pêchées
- OT_EFFECTIFESTIM : Effectif d'anguilles pêchées estimé (selon Carle et Strubb)
- OP_SURFACECHANTILLON, OP_CE_METHODEPROSPECTION,
OP_CE_OBJECTIFPECHE, ST_ABSCISSE, ST_ORDONNEE, EH_CODEGENERIQUE...

2- Récupération des effectifs au premier passage PA_EFFECTIF sql_densite2.sql

Base oracle

Base oracle



Programme principal de lancement du programme

 **main.r** (Suite)

Fonction pour la création de la table "t_densite.Rdata"

 **connect_oracle1.r**

3- Récupération des classes de taille correspondant aux numéro d'opération :  sql_classtaille.sql

- 150 : Effectif d'anguilles pêchées pour la classe de taille]0;150]
- 150-300: Effectif d'anguilles pêchées pour la classe de taille]150;300]
- 300-450: Effectif d'anguilles pêchées pour la classe de taille]300;450]
- 450: Effectif d'anguilles pêchées pour la classe de taille]450;+ ∞]

4- Récupération des lots correspondant à l'opération  sql_lots.sql

Dans le cas où il existe des lots G, deux conditions sont nécessaires si on veut utiliser les densités :

- % de lots reclassés : $\frac{N_c}{N_p} \geq 50\%$

- $\forall lot G < 450mm, \max[\max(taille) - \min(taille)] < 150mm$

avec N_c nombre de classes de taille et N_p effectif d'anguilles

Les classes de taille sont recalculées si il n'existe pas de lots G dont l'intervalle ne dépasse pas 150 mm pour les lots G dont la borne inférieure est 450 mm.

Pour les plus grandes, elles peuvent avoir une gamme plus grande.

Les classes de taille < 150 mm sont recalculées



Table des températures et des altitudes "T.csv"

(par maille Lambert II de 3 x 3 km)

5- Récupération des températures (T°C janvier et T°C juillet) et de l'altitude en fonction de l'abscisse et l'ordonnée de la station

6- Pour les opérations dont l'effectif est nul (renseigné NA), les valeurs NA sont remplacées par 0

7- Calcul des densités en divisant les effectifs par la surface échantillonnée

→ return(t_densite)

5- Choix de la sauvegarde de t_densite

"Veux-tu sauvegarder le résultat de la requête ?"

6- Remplace les distances des stations renseignées dans Oracle

Programme pour replacer les distances mer et distances sources des stations renseignées dans la base Oracle par les distances recalculées dans un SIG sur la base des distances des barrages

 **remplace_dist.r**



Table des distances mer et distances sources des stations "dmer.csv" et "dsource.csv"

1- Remplacement des distances mer et source renseignées dans la base Oracle par les distances mer et source recalculées sur la base des distances calculées des obstacles (calcul des distances à l'aide du logiciel SIG Mapinfo 7.5) pour une meilleure homogénéisation des distances



Table des distances mer "dmer.csv"

2- Ajout en bas de la liste des distances mer du fichier "dmer.csv" de l'identifiant des stations dont la distance mer n'est pas renseignée

↓
t_densite

Voulez-vous sauvegarder t_densite ?

Récupération d'un tableau simplifié (uniquement les données nécessaires) à partir de "t_densite.Rdata"

↓
tablestation

7- Création de la table de relation entre les ouvrages et les opérations de pêches

Programme pour joindre les barrages en aval des stations de pêche

 **listouvpeche.r**

Table des ouvrages "barglobal" : "t_ouvrage_ouv"

Vue des notes de franchissabilité des ouvrages selon l'espèce anguille "notesglobal" : "v_ouv_fba"

Vue de la nature des ouvrages "suprglobal" : "v_ouv_nao"

Vue des dénivelés des ouvrages "denglobal" : "v_ouv_den"

Vue des passes à anguilles ou des mesures de gestion des ouvrages "passeglobal" : "v_ouv_pass"



"Veux-tu faire le calcul des ouvrages ?"

Warning : Problème de chargement de la table "barglobal"

Warning : Problème de chargement de la vue "v_ouv_fba"

Passage à des notes positives ?

Warning : Problème de chargement de la vue "v_ouv_nao"

Warning : Problème de chargement de la vue "v_ouv_den"

Warning : Problème de chargement de la vue "v_ouv_pass"

"Voulez vous sauvegarder la liste listouvpeche ?"



Programme principal de lancement du programme

 **main.r** (Suite)

Programme pour joindre les barrages en aval des stations de pêche

 **listouvpeche.r**

Fonction "funmodifnoteglobal" pour remplacer les notes négatives en notes positives

 **funmodifnoteglobal.r**

- arg(noteglobal)

- 1- Ajoute + 1 aux vecteurs "DIVERSITE", "PROFIL", "RUGOSITE" et + 0.5 au vecteur "BERGE"
- 2- Passage par le maximum des vecteurs car les 0 posent des difficultés
- 3- Retour à "noteglobal"

→ return(noteglobal)

Fonction de recherche des barrages en aval des stations de pêche

 **funouvpeche.r**

- arg(tablestation,barglobal,notesglobal,denglobal,suprglobal)

- 1- Création d'un data.frame "tablenote" contenant les notes de franchissabilité des ouvrages ("efface", "denivele", "hauteur", "profil", "rugosite", "berge", "diversite", "score", "expertise", "passe")
- 2- Parcours de la tablestation pour chaque ligne
- 3- Vérifie si les distances source sont renseignées
 - Si la distance source n'est pas renseignée, remplissage de la liste "tablenote" avec ouv_id = NA
 - Si la distance source est renseignée, chargement de funbargenerique.r

Numéros de lignes

Warning si la distance source n'est pas renseignées :
"Pb distance source"

Fonction de calcul des notes pour chaque ouvrage

 **fntablenote.r**

arg(ouv_id,tablenote,notesglobal,suprglobal,denglobal,pechecourante)

- 1- Va chercher les notes correspondant à l'ouvrage
- 2- On veut que date début pêche > datedébut note et ((date fin peche < date fin note) ou (des na dans datefinnote)) et que les notes concernent l'espèce anguille
- 3- On teste si l'ouvrage a été effacé lors d'une période incluant une date de pêche
- 4- On teste si l'ouvrage a été muni d'une passe à poisson lors d'une période incluant une date de pêche

→ return(tablenote)

Fonction de recherche des barrages en aval des stations de pêche

 **funbargenerique.r**

arg(pechecourante,barglobal)
→ return(fbar0)

 **funrecherchebar.r**

arg(pechecourante,barglobal)
→ return(list("bar"=bar,"test"=test,"codegenerique"=codegenerique))

 **funrecherchemanuel.r**

arg(pechecourante,barglobal,codebaraval)
→ return(list("bar"=bar,"test"=test,"codegenerique"=codegenerique))

 **funbarhydro.r**

arg(pechecourante,barglobal,codegeneriqueaval)
→ return(fbar0)

Recherche le barrage à l'aval de la station à l'aide du code générique et de la distance source

- 1- Cas où il y a un barrage en aval et en amont de la station (pour une zone) :
 - Recherche du barrage le plus en amont sur le linéaire pour un code générique
 - Retrouve le barrage situé à l'aval de la station à l'aide de la distance source
- 2- Cas où il n'y a pas de barrage dans la zone en aval de ma station
 - Je recherche le barrage le plus à l'aval de ma zone
 - Si j'ai au moins un barrage dans ma zone, il va retrouver le barrage en aval de la station à l'aide de la distance source
- 3- Si pas de barrage dans la zone, recherche du barrage aval de notre zone dans la table "codebaraval.csv"

Warning : "le barrage aval est ..."
Warning si pas de barrage dans la zone hydro : "
- la station au code generique n'a pas de barrages dans sa zone",
Et si pas de correspondance dans "codebaraval.csv":
- "pas de correspondance dans la table"



Table des barrages en aval de zone hydro sans barrage "codebaraval.csv"



Programme principal de lancement du programme

 **main.r** (Suite)

Programme pour joindre les barrages en aval des stations de pêche

 **listouvpeche.r** (Suite)

Fonction de recherche des barrages en aval des stations de pêche

 **funouvpeche.r** (Suite)

4- Renvoie le code générique de la zone sans barrage si le barrage aval n'est pas renseigné dans "codegeneriqueavaltmp.csv"

Le barrage aval dans "codebaraval.csv" peut être "MER"

5- Remplissage de la "tablenote" pour le barrage en cours (tablenote = vecteur)

6- Création de listes :

- "listouvpeche" : liste des ouvrages en aval d'une station jusqu'à la mer

- "tablenote" : liste des notes de franchissabilité pour chaque ouvrage en aval d'une station

- "listcodegenerique" : Liste des zones sans barrages et

dont le barrage aval n'est pas renseigné dans "codebaraval.csv"

- "liststa" : Liste des stations dont la distance source n'est pas renseignée

→ return(list("listouvpeche"=listouvpeche,"listcodegenerique"=listcodegenerique,"liststa"=liststa))

Warning :
"les barrages aval renvoient en boucle, vérifie barrages aval"
ou
"problème pour trouver le barrage aval suivant, vérifie ds base"
Voulez-vous sauvegarder la "listouvpeche" ?
- Non
- Oui : Possibilité de choisir un nom de fichier

Lecture et ré-écriture de la table des zones sans barrage dont le barrage aval n'est pas renseigné dans "codebaraval.csv" "codegeneriqueavaltmp.csv"

8- Calcul des vecteurs de somme des notes "obstacle" sur un axe et du dénivelé à partir de listouvpeche

Fonction pour réaliser le cumul des notes de franchissabilité et dénivelé des ouvrages situés à l'aval d'une station de pêche

 **funsumnote.r**

args(listouvpeche,den_lineaire=TRUE,Ninf=3.632,k=1.136,hlin=1.5,passe=TRUE)

1- Rajoute à "listouvpeche" deux objets :

- Vecteur NA : Somme des NA

- Vecteur note: Somme des notes

2- Deux possibilités de calcul du dénivelé :

- Dénivelé transformé (selon la grille de Pierre Steinbach)

- Dénivelé non transformé: Cédric Briand a recherché une formule permettant de travailler sur une note de dénivelé qui est une fonction linéaire

3- Si l'ouvrage est noté OF_RUINE ou OMV_RUINE alors on applique à l'ouvrage un dénivelé de 0 lorsque ce n'est pas le cas

4- Vérifie si l'ouvrage est équipé d'un passe fonctionnelle. En amont, une vue (SQL)

sélectionne parmi les barrages équipés de passes ceux qui sont considérés

franchissables par l'anguille : le caractère de franchissabilité d'un ouvrage repose sur

la note d'expertise (<3) vis à vis de l'espèce anguille. Ainsi, les barrages équipés d'une

passe dont l'expertise rapporte qu'ils sont franchissables sont écartés de la somme des notes, ils sont considérés comme effacés.

→ return(listouvpeche)

Warning lorsque le dénivelé de l'ouvrage effacé est > 0 :
"Le dénivelé des barrages effacés devrait être nul"

9- Sélection des stations sur lesquels on veut réaliser les analyses statistiques

Fonction sélectionner les bassins, les rivières ou les stations que nous souhaitons garder pour l'analyse statistique

 **select_stations.r**

arg(t_densite)

1- Choix de faire la sélection des bassins ou non

2- Chargement de "tablebassin.csv" et choix des bassins, rivières et stations

→ return(t_densite2)

Voulez-vous faire une sélection des bassins ?
Choix des bassins
Choix des rivières
Choix des stations

10- Recherche des codes de bassins et table de correspondance entre les 2 premières lettres de cegenelin et du code bassin (fonction permettant le remplacement du code bassin dans une nouvelle colonne bassin)

11- Remplacement des données manquantes des indices du milieu par la médiane des données sur les opérations de pêche ou par la valeur renseignée sur le même station

Fonction pour remplacer les données manquantes de profondeur de station et de pente IGN par la médiane des autres opérations de pêche sur cette même station

 **funremplaceNAparmediane.r**

arg(data,nomcolonne)

1- Remplace la profondeur de la station et la pente IGN des opérations non renseignées par les valeurs d'une autre opération sur cette même station

2- Dans le cas où aucune des valeurs de profondeur ou de pente n'est renseignées

pour la station, calcul de la médiane de profondeur et pente de toutes les opérations de pêche

→ return(data[,nomcolonne])



Programme principal de lancement du programme

 **main.r** (Suite)

12- Renseignement des variables quantitatives et qualitatives utilisées dans la modélisation des densités

Fonction de calcul des variables utilisées dans le modèle et de remplacement des codes des méthodes et moyens de prospection par les intitulés

arg(t_densite)  indicemilieu.r



Table des températures et des altitudes "T.csv" (Rogers C. & Pont D. 2005)



Table des distances à la marée dynamique des stations de pêche "d_maree_dyn.csv"

- 1- Calcul des descripteurs de milieu :
 - Vitesse de Chezy V
 - Log(altitude) A (va chercher les altitudes dans le fichier "T.csv")
 - Gradient longitudinal G
 - Conditions thermiques T1 et T2 (va chercher les conditions thermiques dans le fichier "T.csv")
 - Distance à la marée dynamique relative
- 2- Va chercher les données de distance à la marée dynamique
- 3- Ajout d'une méthode de prospection pour les pêches "anguille" de l'IAV : méthode "ang"
- 4- Remplace les codes des méthodes et des moyens de prospection par les intitulés

→ return(t_densite)



Table des stations IAV
"station_IAV.csv"

Fonction pour incorporer les stations IAV comme des pêches "anguille":
méthode de prospection = "ANG"

 recherche_et_remplace_ang.r

13- Liaison entre le cumul des notes des obstacles sur un axe et les opérations de pêche



Table des libellés des méthodes de prospection
"meth.csv"

Fonction "funtablestat" qui fait la liaison entre la somme des notes de barrages stockée dans la liste listouvpeche et la table des pêches électriques tablestat.

Cette fonction permet d'éviter le calcul (renvoie NA à la place de la somme des notes) sur les stations de pêche dont le nombre de barrages non renseignés en aval dépasse le seuil passé comme argument à la fonction (selectNA)

 funtablestat.r

args(listouvpech,tablestat,estime=FALSE,selectNA=list("denivale"=0.8,"profil"=0.8,"rugosite"=0.8,"berge"=0.8,"diversite"=0.8))

1- Remplacer les codes des méthodes de prospection par le libellé des méthodes de prospection à l'aide de la table "meth.csv"

2- Si "estime=TRUE", remplace les densités par les densités estimées

3- Remplissage de la "tablenote" en fonction du % de NA dans "listouvpech"

a- Vecteurnote = NA, la table listouvpech n'a pas pu être renseignée;
on a NA pour chacune des valeurs de note

b- Le % de NA dans "listouvpech" [[vecteur NA]] est < seuil NA définit dans chaque colonne,
on colle le vecteur issu de listouvpeche dans t_densite

c- Le % de NA est > seuil NA pour une seule des valeurs; la valeur de la ligne correspondante prend NA

Warning : "Le nombre de NA
est > seuil NA"

Renvoie les colonnes supprimées

Affiche le % de NA pour
chaque colonne

→ return(tablestat)

14- Programme statistique d'analyse des notes

Fonction pour générer l'analyse statistique sur le modèle gam selon la procédure stepwise et analyse des données

 **stat_analyse_notes.r**

1- Calcul des notes transformées

2- Calcul de la distance relative

3- Modification des intitulés des méthodes de prospection trop longs

4- Lancement de "nettoyé", "funtable" et "funformula"

Fonction "funformula" et "funformula0" pour générer automatiquement des objets scope pour les procédures stepwise de tous les types de modèles R (gam, glm, vgam...) et des objets de type modèle (formula)

 funformula.r

arg(data,facteursqual,facteursquant,
reste=c("st_distancemer"))
→ return(scope)

 funformula0.r

arg(facteursquant,facteursqual,variabledep)
→ return(as.formula(formule))

Fonction "funtable" pour préparer les données pour l'élaboration des statistiques

 funtable.r

arg(tablestat,pourgamma=TRUE,deltagamma=TRUE,remplace0parmin=TRUE,seuilNA,
facteursquant,facteursqual,variabledep,coordonnees=c("st_abcisse","st_ordonnee"))

1- Lancement de "funnettoyé"

Transforme les données pour le modèle delta (données de présence = 1)

2- Choix des variables positives pour le modèle gamma

3- Remplace les valeurs 0 par le minimum de densité rencontré dans la table pour le modèle delta-gamma

4- Sélectionne des lignes sans NA (complete.case)

→ return(tablestat1)



Programme principal de lancement du programme

 **main.r** (Suite)

Fonction pour générer l'analyse statistique sur le modèle gam selon la procédure stepwise et analyse des données

 **stat_analyse_notes.r** (Suite)

Fonction "funtable" pour préparer les données pour l'élaboration des statistiques

 **funtable.r** (Suite)

Fonction "funnettoye" pour nettoyer tablestat qui va servir pour l'analyse statistique

 **nettoye.r**

arg(tablestat,seuilNA=0.3,facteursquant,facteursqual,variabledep,coordonnees)

- 1- Sélectionne les colonnes
- 2- Remplace les densités infinies (surface échantillonnée = 0) par NA
- 3- Calcul le % de NA pour chaque colonne
- 4- Supprime les colonnes dont le % de NA > seuil de NA (variables à ne pas garder dans l'analyse)
- 5- Remplace la liste des variables quantitatives
- return(tablestat)

5- Définition des facteurs quantitatifs, qualitatifs et de la variable dépendante pour la méthode GAM et préparation de "tablestat1" selon la méthode statistique utilisée

6- Analyse statistique du modèle global :

- a- Procédure GAM avec variables imposées
- b- Procédure stepwise
- c- Résultats : analyse des corrélations, des données, des résidus, du GAM...

7- Analyse statistique pour le modèle de validation de la grille de Pierre STEINBACH:

- a- Procédure GAM avec variables imposées
- b- Procédure stepwise
- c- Résultats : analyse des corrélations, des données, des résidus, du GAM...

8- Chargement des couches SIG (rivierecontour_bre)



Couche SIG importée de Mapinfo
rivierecontour_bre :
"F_hydro_region.shp"

Fonctions graphiques et utilitaires

 **fonctions_graphiques.r**

arg(xlabel,ylabel,data,SpPDF,label_SpPDF, label_data,coldata=colnames(data),fond,donnee,colonne,couleurs,space=c("rgb","Lab"),probs,cex=1,title,text=NULL,label,xlegend="bottomright",modele,nb=100,vectannee,xlabel,ylabel,mod,space)

- 1- Création d'un objet de la classe points à partir d'un data.frame
- 2- Retire les lignes qui ont des NAs dans les coordonnées X et Y
- 3- Fonction "mod_SpatialPolygonsDataFrame" qui modifie un objet SpatialPolygonsDataFrame pour intégrer de nouvelles colonnes sélectionnées à partir d'un data.frame externe en fonction d'un identifiant trouvé dans une des colonnes du slot data du SpatialPolygonsDataFrame
- 4- Fonction "plot_SpPtsDF" qui trace un graphique à partir d'un spatialpointdf et renvoie des points sur un fond de carte en créant des couleurs progressives à partir d'un découpage en classe d'une variable continue, elle utilise une colonne "nb" pour donner une taille de points différents
- 5- Fonction "addpoints_SpPtsDF" pour ajouter des points sur un graphique déjà créé
- 6- Fonction "fun_graph_spatial_residus" qui extrait les résidus d'un modèle mod appliqué à un dataframe donné. Elle cherche tous les objets ayant un x+y=unique (station), calcule les résidus moyens sur les stations et le nombre d'observations, crée un spatialpointsdataframe et l'affiche à l'aide de la fonction plot_SpPtsDF dont elle repasse un certain nombre d'arguments

→ return(spdf,spPDF,mod)

9- Fonction pour tracer les résidus d'une régression sur une carte

10- Fonction pour tracer les densités moyennes par pêches électriques (points de couleurs)

Fonction pour générer l'analyse statistique par classes de taille (Vgam)

 **stat_analyse_notesVgam.r**

- 1- Calcul des variables nécessaires au modèle
- 2- Modèle multinomial
 - a- Transformation des données pour un modèle binomial
 - b- Chargement de "nettoye.r", "funtable.r" et "funformula0.r" pour la préparation des données
 - c- Définition des variables quantitatiaves et dépendante
 - d- Chargement du Vgam et collage des prédictions de la structure des classes de taille dans un fichier .csv
- 3- Modèle poissonien (idem)



Table des moyennes des prédictions des classes de taille "predict_multi_moy.csv"



Table des moyennes des prédictions des effectifs par classe de taille "predict_poisson_moy.csv"

Programme de réintégration des données "st_codecsp" et "méthode de proprection" dans "predict.vgam"

 **réintégration des données.r**

- 1- Lecture des fichiers "predict_poisson.csv" et "predic_multi.csv"

Fonction "funcalculemoyenne" pour calculer les moyennes des prédictions par station

arg(data,label,vecteurmoy)

→ return(store)

 **funcalculemoyenne.r**

- 2- Calcul les médianes par station de pêche
- 3- Ré-écrit les moyennes dans des fichiers .csv



Programme principal de lancement du programme

 **main.r** (Suite)

 Table des libellés des méthodes de prospection "meth.csv"



Fonction qui crée "barglobal" comprenant les données barrages qui seront utilisées pour faire les prédictions des densités

 **listouvouv.r**

- 1- Possibilité de faire ou non le calcul des ouvrages
- 2- Table des ouvrages "barglobal" : "t_ouvrage_ouv"
- 3- Vue des notes de franchissabilité des ouvrages selon l'espèce anguille "notesglobal" : "v_ouv_fba"
- 4- Possibilité de passer à des notes positives pour le profil, la rugosité, l'effet berge et la diversité car des notes négatives pour les prédictions posent problème

"Veux-tu faire le calcul des ouvrages ?"
Warning : Problème de chargement de la table "barglobal"
Warning : Problème de chargement de la vue "v_ouv_fba"
Passage à des notes positives ?

Fonction "funmodifnoteglobal" pour remplacer les notes négatives en notes positives

 **funmodifnoteglobal.r**

- arg(noteglobal)
- 1- Ajoute + 1 aux vecteurs "DIVERSITE", "PROFIL", "RUGOSITE" et + 0.5 au vecteur "BERGE"
 - 2- Passage par le maximum des vecteurs car les 0 posent des difficultés
 - 3- Retour à "noteglobal"
- return(noteglobal)



- 5- Vue de la nature des ouvrages "suprglobal" : "v_ouv_nao"
- 6- Vue des dénivelés des ouvrages "denglobal" : "v_ouv_den"
- 7- Vue des passes à anguilles ou des mesures de gestion des ouvrages "passeglobal" : "v_ouv_pass"

Warning : Problème de chargement de la vue "v_ouv_nao"
Warning : Problème de chargement de la vue "v_ouv_den"
Warning : Problème de chargement de la vue "v_ouv_pass"

Fonction de recherche du barrage à l'aval de la station à l'aide du code générique et de la distance source

 **funrecherchebar.r**

- arg(pechecourante,barglobal)
- return(list("bar"=bar,"test"=test,"codegenerique"=codegenerique))

Fonction de calcul des notes pour chaque ouvrage

 **fntablenote.r**

- arg(ouv_id,tablenote,notesglobal,suprglobal,denglobal,pechecourante)
- return(tablenote)

Fonction "funouvouv" : fonction identique à "funouvpeche" dans "funouvpeche.r"

 **funouvouv.r**

- arg(barglobal,notesglobal,denglobal,suprglobal)
- return(listouvouv)

8- Création de listouvouv : funouvouv(barglobal,notesglobal,denglobal,suprglobal)

"Voulez vous sauvegarder la liste listouvouv ?"

Fonction pour réaliser le cumul des notes de franchissabilité et dénivelé des ouvrages situés à l'aval d'une station de pêche (version de "funsumnote.r" adapté aux barrages)

 **funsumnotebar.r**

- listouvouv,den_lineaire=TRUE,Ninf=3.632,k=1.136,hlin=1.5,passe=TRUE
- return(listouvouv)

9- Calcul le vecteur de la somme des notes à partir de listouvouv

Fonction "funtablestatbar" qui fait la liaison entre la somme des notes de barrages stockée dans la liste listouvouv et la table des pêches électriques t_densité

 **funtablestatbar.r**

- arg(listouvouv,tablestat=barglobal,estime=FALSE,selectNA=list("denivele"=0.2,"profil"=0.2,"rugosite"=0.8,"berge"=1,"diversite"=0.8))
- 1- Remplissage de la "tablenote" en fonction du % de NA dans "listouvpech"
 - a- Vecteurnote = NA, la table listouvpech n'a pas pu être renseignée; on a NA à la place d'une ligne
 - b- Le % de NA dans "listouvpech" [[vecteur NA]] est < seuil NA défini dans chaque colonne, on renvoie la valeur et on colle à la suite dans "t_densite"
 - c- Le % de NA est > seuil NA pour une seule des valeurs; la valeur de la ligne correspondante prend NA
- return(tablestat)

Message :
"Calcul des notes cumulées"

 Table des températures et des altitudes "T.csv"

Fonction de calcul des variables utilisées dans le modèle (version de "indice_milieu" adapté aux barrages)

 **indice_milieu_bar.r**

"réintégration des températures et altitudes"

- Fonction pour remplacer les noms des variables dans un data.frame  **utilitaires.r**
- arg(objet,old_variable_name,new_variable_name)
- return(objet)



Programme principal de lancement du programme

 **main.r** (Suite)

Programme qui intègre les données des bassins sans barrages pour faire les prédictions des densités

 **listouvsansbar.r**



- 1- Lecture de "t_bvsansbar_bv" dans PostgreSQL
- 2- Remplace les noms de colonne dans la base PostgreSQL par les noms qui peuvent être intégrés dans les calculs
- 3- Donne les valeurs NA et 0 pour les autres données car ce sont les bassins sans barrages : efface,"denivele","hauteur","profil","rugosite","berge","diversite","score","expertise","passe")]=NA
denivele=0
- 4- Chargement de "indice_milieu_sansbar.r"

Warning : "Problème au chargement de la table ouvrage"



Table des températures et des altitudes "T.csv"

Programme de calcul des variables utilisées dans le modèle (version de "indice_milieu" adapté aux bassins sans barrages)

 **indice_milieu_sansbar.r**

"réintégration des températures et altitudes"

Fonction pour remplacer les noms des variables dans un data.frame  **utilitaires.r**
- arg(objet, old_variable_name, new_variable_name)
→ return(objet)

Programme pour réaliser les prédictions des densités sur les barrages

 **stat_predict_barrage.r**



Couche SIG importée de Mapinfo rivierecontour_bre : "F_hydro_region.shp"

- 1- Chargement des couches SIG (rivierecontour_bre)

Fonctions graphiques et utilitaires

 **fonctions_graphiques.r**

- arg(xlabel,ylabel,data,SpPDF,label_SpPDF, label_data, coldata=colnames(data),fond, donnee, colonne, couleurs, space=c("rgb", "Lab"), probs, cex=1, title, text=NULL, label, xlegend="bottomright", modele, nb=100, vectannee, xlabel, ylabel, mod, space)
→ return(spdf,spPDF, mod)

- 2- Graphique représentant les densités moyennes par pêches électriques
- 3- Graphiques des notes cumulées des notes obstacle, des ouvrages dont les notes ne sont pas renseignées, des obstacles ayant des passes à poissons., les basins côtiers sans barrages...

Fonction de calcul des conditions pristines qui retourne aux vecteurs de prédictions

 **fun_calcul_pristine.r**

- arg(data=barglobal,annee,mod,pristineenv=TRUE)
→ return(data\$pred)

- 4- Calcul des densités prédites en 1980, en 1980 sans barrages, en 2004 et en 2004 sans barrages
- 5- Calcul des effectifs en anguilles à l'aide des surfaces en eau des bassins inter-barrages
- 6- Graphiques représentant les effectifs par bassins inter-barrages prédites pour 1980 et 2004 avec ou sans barrages

Programme pour l'élaboration d'un outil d'aide à la décision (note obstacle transformées en fonction d'un % de SPR à atteindre)

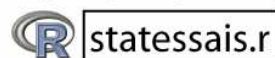
 **ggplot_pSPR.r**

- 1- Remplace les valeurs des variables autres que la note obstacle par des valeurs par défaut
- 2- Prédiction des densités en conditions pristines (d0) et actuelles (d) à partir de tablestat
- 3- Calcul du % de SPR
- 4- Graphique % de SPR en fonction de la note obstacle (Score)



Programmation des essais statistiques (non utilisées mais testés) Exploration des statistiques

Programme pour tester différents modèles selon différentes méthodes
(GAM, GLM, BMA...)



- 1- Modèle binomial (présence/absence) selon la méthode GLM
- 2- Fonction pour la recherche du meilleur AIC dans tous les modèles possibles (script réalisé par Laurent BEAULATON - ONEMA) "effet.r"



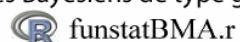
```
arg(effet,y="y", modele,sub=NULL, resultat,delta.aic=0.0001,resultat,deltaaic=4,main="AIC",
pch="+",xlim=c(-1,(trunc(max(x)/5)+1)*5),ylim=c(-.1*(max(y)-min(y)),max(y)*1.02),xlab="ddl",
ylab=c(expression(Delta (AIC))),las=1,jitter=FALSE,yaxs="i",xaxs="i")
```

- 1- Permet d'écrire tous les modèles possibles avec les variables explicatives fournies
- 2- Permet de faire tourner tous les GLM (ou GAM) spécifier dans modèle et stocke notamment les AIC de ces modèles une nouvelle classe d'objet est créée (aic.glm) pour stocker ces informations
- 3- Définit la fonction générique print pour les objet de classe aic.glm permet d'afficher le meilleur modèle et tous les modèles ayant un delta(AIC) inférieur à delta.aic
- 4- Définit la fonction générique plot pour les objet de classe aic.glm et trace un graph représentant les delta(AIC) des modèles en fonction de leur degré de liberté

→ return(formule, resultat)

- a- Méthode GLM - Modèle Gamma
- b- Méthode GAM - Modèle Gamma
- c- Méthode GLM - Modèle Delta
- 3- Procédure stepwise :
 - a- Modèle Gamma - Méthode GAM
 - b- Modèle Gamma - Méthode GLM
 - c- Modèle Delta (Binomial) - Méthode GLM (chargement de "funstatBMA.r" et "funstatBMAbinomial.r")

Fonction d'essai pour tester les modèles Bayésiens de type gamma et qui renvoie les variables x et y



arg(subtablestat)
→ return(toto)

Fonction d'essai pour tester les modèles Bayésiens de type binomial (delta) et qui renvoie les variables x et y
(remplace les valeurs de présence par 1 et les valeurs d'absence par 0)



arg(ltablestat)
→ return(bic.glm.out)

Programme pour remplacer la variable annee sur la Vilaine par le recrutement en civelles et relation entre les années et le recrutement

Fonction d'essai qui va chercher les données de recrutement en civelles sur la Vilaine et qui remplace les années par le recrutement en civelles

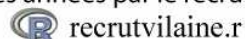
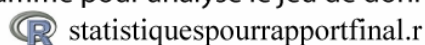


 Table du recrutement en civelles sur la Vilaine
"recr_fluvial_vilaine.csv"

Fonction d'essai pour établir une relation entre le recrutement en civelles et les années



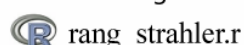
Programme pour analyse le jeu de données



Sort le nombre d'opérations de pêche, de stations, de bassins, les bassins sur lequel a été fait le traitement statistiques, le nombre de barrages parcourus...

Autres programmes utilisés indépendants du "main.r"

Programme pour établir la relation entre le rang de Strahler et les largeurs de lame d'eau



- 1- Chargement du fichier .csv des rangs de Strahler et des largeurs de lame d'eau des stations RHP
- 2- Va chercher les variables de températures (T1 et T2) et les altitudes en fonction des coordonnées x et y
- 3- Méthode Gam avec les variables quantitatives : dist_source, surface_bv, ordre_strahler et altitude et la variable dépendance largeur (analyse des données et des résultats)
- 4- Méthode Glm avec la variable quantitative largeur lame d'eau et rang de Strahler (analyse des données et des résultats)

 Table des largeurs et du rang de Strahler des stations RHP
"relat_largeur_strahler.csv"

 Table des températures et des altitudes "T.csv" (Rogers C. & Pont D. 2005)

ANNEXE VII

Ensemble du programme sous R

« main.r »

```
# Nom fichier :      main
# Projet :          statbarrage
# Organisme :       IAV
# Auteur :          Cédric Briand
# Contact :         cedric.briand@lavilaine.com
# Date de creation : 30/07/2007 10:58:37
# Compatibilite :   R 2.4.0
# Etat :            devt en cours
# Description       contient entre autres les todo
#####
#* Modifications :
#* -----
#* JJ-MM-AAAA #No Prenom NOM [INITIALES] :
#*  explication de la modification
#*  test 30 juillet 2007
#####
library(utls)
necessary = c('tcltk', 'RODBC', 'BMA','gam')
if(!all(necessary %in% installed.packages()[, 'Package']))
install.packages(c('tcltk', 'RODBC', 'BMA','gam'), dep = T)
library('BMA')
library('tcltk')
library('RODBC')
library(car)
require(gam)
library("lattice")
library(utls)

#####
# choix du repertoire
#####
wd=c("Y:/Publications/Statbarrages/2007","E:/Mes Documents/Stage 2007 IAV CSP/2- Requêtes")
nomswd=c("cedric","gaelle")
twd=data.frame(cbind(wd,nomswd))

twd=tk_select.list(as.character(twd$nomswd),preselect=NULL,multiple=FALSE
                  ,title="ordi")
setwd(as.character(twd$wd[nomswd==wd]))
source("fn_sql_0.R")
source("fn_sql_readsql.R")
source("sauve.r")

#####
# connexion oracle
#####
# liste des tables
choix=tk_select.list(c("oui","non"),preselect="non",multiple=FALSE
                    ,title="veux-tu faire tourner sur oracle ?")
if (choix=="oui"){
  source("fn_sql_tables.R")
  source("connect_oracle1.R")
  choixsauv=c("oui","non")
}
```

```

choixsauv=tk_select.list(choixsauv,preselect="non",multiple=FALSE,
title="veux tu sauvegarder le résultat de la requête")
if (choixsauv=="oui"){
newpath<-file.path(getwd(),paste("t_densite",strftime(as.POSIXlt(Sys.time()),"%d-%B"),
".Rdata",sep=""))
  fileName<-savefile(path=newpath)
  save(t_densite,file=fileName)
}
} else {
fichiercharge="t_densite09-juillet.Rdata"
fileName=loadfile(path=fichiercharge)
load(file=fileName)
}
source("remplace_dist.R")
tablestation=t_densite[,c("ST_ID","ST_CODECSP","OP_NUMERO","OP_DATEDEBUT","EH_CODE
GENERIQUE","ST_DISTANCESOURCE","OP_CD_OBJECTIFPECHE")]

#####
# LISTE OUVRAGES PECHE # Boucle sur la table station
#####
source("listouvpeche.r")

#####
#TRAITEMENTS PREALABLES DES DONNEES
#####
source("funsumnote.R")

# calcul des vecteurs de sommes des notes à partir de listouvpeche
den_lineaire=TRUE
listouvpech=funsumnote(listouvpech,
  den_lineaire=den_lineaire, # TRUE = pas de transformation suivant la classification de Pierre
  Ninf=3.632, # param de la relation <1.5
  k=1.136, # param de la relation <1.5
  hlin=1.5, # param de la relation >1.
  passe=TRUE) # TRUE les barrages avec passe sont ignorés

# selection des stations
source("select_stations.R") # prend t_densite revoie t_densite2
t_densite2=funselectstation(t_densite)

# recherche des codes de bassins
# table de correspondance entre les deux premières lettres du cgenelin et le code du bassin
t_densite2$bassin=substr(t_densite2$EH_CODEGENERIQUE,1,2)
t_densite2$bassin[t_densite2$bassin=="J-"|t_densite2$bassin=="J8"|t_densite2$bassin=="J9"]="J7"
# Fonction permettant le remplacement du code bassin dans une nouvelle colonne bassin

# a utiliser avec parcimonie ...
source("funremplaceNAparmedian.R") # contient deux fonctions
t_densite2$OP_CS_PROFMOYEN=funremplace_val_manq_autres_stations(t_densite2,"OP_CS_PROF
MOYEN")
t_densite2$OP_CS_PROFMOYEN= funremplaceNAparmedian(t_densite2,"OP_CS_PROFMOYEN")
t_densite2$ST_PENTEIGN=funremplace_val_manq_autres_stations(t_densite2,"ST_PENTEIGN")
t_densite2$ST_PENTEIGN= funremplaceNAparmedian(t_densite2,"ST_PENTEIGN")

#renseignement des conditions d'indice milieu
source("indice_milieu.R") # funindicemilieu
t_densite2=funindicemilieu(t_densite2)

```

```

source("recherche_et_remplace_ang.r" )

# liaison entre le fichier des barrages et les notes (réintégration de vecteurnote)
source("funtablestat.R")
tablestat=funtablestat(listouvpech,
                        tablestat=t_densite2,
                        estime=FALSE, # remplace les densites par les densites estimées attention mélange les
deux
                        selectNA=list("denivele"=0.3,          # % de NA tolérés
                                      "profil"=0.3,
                                      "rugosite"=0.3,
                                      "berge"=0.3,
                                      "diversite"=0.3)
                        )

#####
# LISTE OUVRAGES PECHE
#####
# Lancer "stat_analyse_note.r" à la main
source("listouvouv.r")
source("listouvsansbar.R")

```

« fn_sql_0.r »

```

# la fonction essaye d'établir une connection
# revoit une erreur en l'absence de connection
# puis teste la requête et renvoie une erreur en cas de pb de requete
# pour test baseODBC="BD_CONTMIG.centraldata"

fn_sql_0<-function(baseODBC, sql,uid,pwd){

  e=expression(channel <-odbcConnect(baseODBC,
                                     uid = uid,
                                     pwd = pwd,
                                     case = "tolower",
                                     believeNRows = FALSE))
  print(paste("Try to connect ",baseODBC))
  # renvoie du resultat d'un try catch expression dans
  #l'objet Connexion courante, soit un vecteur caractère
  connexionCourante<-tryCatch(eval(e),
                              error=paste("unable to connect ",baseODBC))
  if ((class(connexionCourante)=="RODBC")[1]) print("Connection successfull") else
  print(connexionCourante)
  print(paste("Try query"))
  e=expression(query<-sqlQuery(channel,sql,errors=TRUE))
  resultatRequete<-tryCatch(eval(e),error = function(e) e,
                            finally=odbcClose(channel))
  # teste le resultat, si il y a erreur
  #classe avec plusieurs variables erreur , condition..
  # d'ou le [1]
  #sinon classe data.frame
  if ((class(resultatRequete)=="data.frame")[1]) print("query ok") else
  print(resultatRequete)
  #print(resultatRequete)
  return(list("query"=query,"sql"=sql))
}

```

“fn_sql_read_sql.r”

```
# Nom fichier :    fn_sql_readsql.R
# Projet :        controle migrateur / traitement
# Organisme :     IAV
# Auteur :        Cédric Briand
# Contact :       cedric.briand@lavilaine.com
# Date de creation : 26/02/2007 11:33:07
# Compatibilite :  R 2.4.0
# Etat :          OK
# Description     fonction générique de creation de scripts à partir d'un
#                fichier sql
#*****
fn_sql_readsql<- function(con,ok=TRUE,warn=TRUE){
  #fonction pour lire les objets de type sql, et renvoyer une requête
  vecteurchar<-readLines(con, n = -1, ok = TRUE, warn = TRUE)
  newvecteurchar=character
  newvecteurchar=vecteurchar [1]
  if (length(vecteurchar)>1){
    for (i in 2:length(vecteurchar)) {
      #cat(vecteurchar[i])
      #cat("\n")
      #vecteurchar[i]<-sub(pattern="\t",replacement="",x=vecteurchar[i])
      #cat(vecteurchar[i])
      newvecteurchar=paste(newvecteurchar,vecteurchar[i])
    }
  }
  return (newvecteurchar)
}
```

“sauve.r”

```
savefile <- function(path) {

  fileName<-tclvalue(tkgetSaveFile(initialfile=path,filetypes="{{R images} {.Rdata}} {{All files} *}"))
  if (!nchar(fileName))  tkmessageBox(message="No file was saved!")else {
    tkmessageBox(message=paste("The file to save is",fileName))
    return(fileName)}
  }

loadfile <- function(path) {
  fileName<-tclvalue(tkgetOpenFile(initialfile=path,filetypes="{{R images} {.Rdata}} {{All files} *}"))
  if (!nchar(fileName))  tkmessageBox(message="No file was loaded!") else {
    tkmessageBox(message=paste("The file loaded was",fileName))
    return(fileName)
  }
}
```

“fn_sql”

```
fn_sql<-function( baseODBC,
                  nomtable,
                  colonnes="*",
                  datedebut, # format Date jj/mm/aaaa
                  datefin,
                  coldatedebut, # colonne (attention calcule un overlaps)
                  coldatefin,
```

```

        criteres="", # a terme une liste
        ordre){
channel <-odbcConnect(baseODBC, uid = "postgres", pwd = "postgres", case = "tolower",
        believeNRows = FALSE)
where=paste(" AND", criteres[1])
if (length(criteres)>2){
for (j in 2:length(criteres)){
where=paste(where," AND", criteres[j])} }
sql=paste("SELECT ",
colonnes,
" FROM ",
nomtable,
" WHERE ",
coldatefin,
">",
"",
datedebut,
"",
" AND ",
coldatedebut,
"<",
"",
datefin,
"",
where,
" ORDER BY ",
ordre,
";",sep = "")
query<-sqlQuery(channel,sql,errors=TRUE)
odbcClose(channel)
return(list("query"=query,"sql"=sql))}

```

“fn_sql_table.r”

```

# Nom fichier :    fn_sql_tables
# Projet :        controle migrateur / traitement
# Organisme :     IAV
# Auteur :        Cédric Briand
# Contact :       cedric.briand@lavilaine.com
# Date de creation : 06/02/2007 10:58:37
# Compatibilite :  R 2.4.0
# Etat :          OK
# Description      fonction générique de connection à la base sans date
#*****

# la fonction essaye d'établir une connection
# revoie une erreur en l'absence de connection
# puis teste la requête et renvoie une erreur en cas de pb de requete
# pour test baseODBC="BD_CONTMIG.centraldata"

fn_sql_tables<-function(baseODBC, sql,uid,pwd){

    e=expression(channel <-odbcConnect(baseODBC,
        uid = uid,
        pwd = pwd,
        case = "tolower",

```

```

        believeNRows = FALSE))
print(paste("Try to connect ",baseODBC))
# renvoie du resultat d'un try catch expression dans
# l'objet Connexion courante, soit un vecteur caractère
connexionCourante<-tryCatch(eval(e),
        error=paste("unable to connect ",baseODBC))
if ((class(connexionCourante)=="RODBC")[1]) print("Connection successfull") else
print(connexionCourante)
print(paste("Try query"))
e=expression(sqlTables(channel,errors=TRUE))
resultatRequete<-tryCatch(eval(e),error = function(e) e,
        finally=odbcClose(channel))
# teste le resultat, si il y a erreur
# classe avec plusieurs variables erreur , condition..
# d'ou le [1]
# sinon classe data.frame
if ((class(resultatRequete)=="data.frame")[1]) print("liste tables ok") else
if (length(resultatRequete)==0) print("pas de liste de tables")else
print("liste ok")
print(resultatRequete)
return(resultatRequete)
}

```

“fn_sql_oracle.r”

```

# la fonction essaye d'établir une connexion
# renvoie une erreur en l'absence de connexion
# puis teste la requête et renvoie une erreur en cas de pb de requete
# pour test  baseODBC="BD_CONTMIG.centraldata"
fn_sql_oracle<-function(baseODBC, sql){

        e=expression(channel <-odbcConnect(baseODBC,
                uid = "bdmap",
                pwd = "bdmap",
                case = "tolower",
                believeNRows = FALSE))
print(paste("Try to connect ",baseODBC))
# renvoie du resultat d'un try catch expression dans
# l'objet Connexion courante, soit un vecteur caractère
connexionCourante<-tryCatch(eval(e),
        error=paste("unable to connect ",baseODBC))
if ((class(connexionCourante)=="RODBC")[1]) print("Connection successfull") else
print(connexionCourante)
print(paste("Try query"))
e=expression(query<-sqlQuery(channel,sql,errors=TRUE))
resultatRequete<-tryCatch(eval(e),error = function(e) e,
        finally=odbcClose(channel))
# teste le resultat, si il y a erreur
# classe avec plusieurs variables erreur , condition..
# d'ou le [1]
# sinon classe data.frame
if ((class(resultatRequete)=="data.frame")[1]) print("query ok") else
if (length(resultatRequete)==0) print("la requete ne renvoie rien")else
print("query ok")
print(resultatRequete)
return(list("query"=query,"sql"=sql))
}

```

“fn_sql_postgres.r”

```
# Nom fichier :    fn_sql_postgres
# Projet :        controle migrateur / traitement
# Organisme :     IAV
# Auteur :        Cédric Briand
# Contact :       cedric.briand@lavilaine.com
# Date de creation : 06/02/2007 10:58:37
# Compatibilite :  R 2.4.0
# Etat :          OK
# Description      fonction générique de connection à la base sans date
#*****

# la fonction essaye d'établir une connection
# renvoie une erreur en l'absence de connection
# puis teste la requête et renvoie une erreur en cas de pb de requete
# pour test baseODBC="BD_CONTMIG.centraldata"

fn_sql_postgres<-function(baseODBC, sql){

  e=expression(channel <-odbcConnect(baseODBC,
                                     uid = "postgres",
                                     pwd = "postgres",
                                     case = "tolower",
                                     believeNRows = FALSE))
  print(paste("Try to connect ",baseODBC))
  # renvoie du resultat d'un try catch expression dans
  #l'objet Connexion courante, soit un vecteur caractère
  connexionCourante<-tryCatch(eval(e),
                              error=paste("unable to connect ",baseODBC))
  if ((class(connexionCourante)=="RODBC")[1]) print("Connection successfull") else
  print(connexionCourante)
  print(paste("Try query"))
  e=expression(query<-sqlQuery(channel,sql,errors=TRUE))
  resultatRequete<-tryCatch(eval(e),error = function(e) e,
                             finally=odbcClose(channel))
  # teste le resultat, si il y a erreur
  #classe avec plusieurs variables erreur , condition..
  # d'ou le [1]
  #sinon classe data.frame
  if ((class(resultatRequete)=="data.frame")[1]) print("query ok") else
  if (length(resultatRequete)==0) print("la requete ne renvoie rien")else
  print("query ok")
  print(resultatRequete)
  return(list("query"=query,"sql"=sql))
}
```

“progress_bar.r”

```
n <- 1000
prev <- progressBar()
for( i in 1:n ) {
  #TimeConsumingAnalysisTask
  prev <- progressBar(i/n,prev)
```

} “connect_oracle1.r”

```
#listetable=fn_sql_tables(sql,baseODBC="mapopale1",uid="bdmap",pwd="bdmap")
#listetable=listetable[listetable$TABLE_SCHEM=="BDMAP",]

# création de la requête contenant la clause where de choix des bassins
source("fn_sql_bassin.r")
sqlstation=fn_sql_bassin("tablebassin.csv")

#Quand ça marche pas
#read.table(
#   "tablebassin.csv",header=TRUE,sep=";",
#   quote="\"",dec=".",fill=TRUE,as.is=TRUE)

# liste des codes génériques correspondant au choix des stations
codegenerique=fn_sql_0(
  sqlstation,
  baseODBC="mapopale1",
  uid="bdmap",
  pwd="bdmap")[[1]]
# transformation du vecteur de codes génériques en liste qui puisse être comprise en sql
source("vector_to_listsql.r")
listcodegenerique<-vector_to_listsql(codegenerique$EH_CODEGENERIQUE)
sqlstation=fn_sql_readsql(con ="station.sql")
# requete de recherche des stations correspondant au code générique
sqlcodegenerique=paste(sqlstation,listcodegenerique)
# liste des stations
stations=fn_sql_0(
  sqlcodegenerique,
  baseODBC="mapopale1",
  uid="bdmap",
  pwd="bdmap")[[1]]
liststation<-vector_to_listsql(stations$ST_ID)
#extraction des annees
sql_taxon=fn_sql_readsql(con ="sql_taxon.sql")
sqllistannee=paste(sql_taxon,liststation)
sqluniqueannee=paste("select unique annee from (",sqllistannee,")")
annee=fn_sql_0(
  sqluniqueannee,
  baseODBC="mapopale1",
  uid="bdmap",
  pwd="bdmap")[[1]]
choixannee=tk_select.list(annee$ANNEE,preselect=annee$ANNEE,multiple=TRUE
                          ,title="année de pêche")

# on va chercher la liste des méthodes de prospection

sql_methodeprospection=fn_sql_readsql(con ="sql_methodeprospection.sql")
methodeprospection=fn_sql_0(
  sql_methodeprospection,
  baseODBC="mapopale1",
  uid="bdmap",
  pwd="bdmap")[[1]]
choixprospection=tk_select.list(as.character(methodeprospection$CD_LIBL),
                               preselect=as.character(methodeprospection$CD_LIBL)[5],
```

```

        multiple=TRUE,
        title="méthode de prospection")
op_cd_methodeprospection=methodeprospection$OP_CD_METHODEPROSPECTION[methodeprospec
tion$CD_LIBL %in% choixprospection]
save(methodeprospection,file="methodeprospection.Rdata")
# choix des moyens de prospection
sql_moyenprospection=fn_sql_readsql(con ="sql_moyenprospection.sql")
t_moyenprospection=fn_sql_0(
    sql_moyenprospection,
    baseODBC="mapopale1",
    uid="bdmap",
    pwd="bdmap")[[1]]
save(t_moyenprospection,file="t_moyenprospection.Rdata")
moyenprospection=tk_select.list(as.character(t_moyenprospection$CD_LIBL),
    preselect=as.character(t_moyenprospection$CD_LIBL),
    multiple=TRUE,
    title="moyens de prospection")
op_cd_moyenprospection=t_moyenprospection$OP_CD_MOYENPROSPECTION[t_moyenprospection
$CD_LIBL %in% moyenprospection]
# choix des objectifs de pêche
sql_objectifpeche=fn_sql_readsql(con ="sql_objectifpeche.sql")
t_objectifpeche=fn_sql_0(
    sql_objectifpeche,
    baseODBC="mapopale1",
    uid="bdmap",
    pwd="bdmap")[[1]]
save(t_objectifpeche,file="t_objectifpeche.Rdata")
objectifpeche=tk_select.list(as.character(t_objectifpeche$CD_LIBL),
    preselect=as.character(t_objectifpeche$CD_LIBL),
    multiple=TRUE,
    title="objectif de la pêche")
op_cd_objectifpeche= t_objectifpeche$OP_CD_OBJECTIFPECHE[t_objectifpeche$CD_LIBL %in%
objectifpeche]

# requete pour aller chercher les densités

sql_densite=fn_sql_readsql(con ="sql_densite.sql")
where1=paste("where op_cd_moyenprospection in", vector_to_listsql(op_cd_moyenprospection))
where2=paste("and op_cd_objectifpeche in", vector_to_listsql(op_cd_objectifpeche))
where3=paste("and op_cd_methodeprospection in", vector_to_listsql(op_cd_methodeprospection))
where4=paste("and st_id in ", liststation)
where5=paste("where annee in",vector_to_listsql(choixannee))
sql_densite=paste("select * from (",sql_densite,where1,where2,where3,where4,")",where5)

t_densite=fn_sql_0(
    sql_densite,
    baseODBC="mapopale1",
    uid="bdmap",
    pwd="bdmap")[[1]]

#tableau des densités au premier passage

sql_densite1=fn_sql_readsql(con ="sql_densite1.sql")

sql_densite1=paste("select * from (",sql_densite1,where1,where2,where3,where4,")",where5)
t_densite1=fn_sql_0(
    sql_densite1,

```

```

baseODBC="mapopale1",
uid="bdmap",
pwd="bdmap")[[1]]

index=match(t_densite1$OP_NUMERO,t_densite$OP_NUMERO) # dans quel ordre apparait le premier
dans le second
t_densite$PA_EFFECTIF=t_densite1[index,"PA_EFFECTIF"]
rm(t_densite1)

op_num=as.character(t_densite$OP_NUMERO) # vecteur des ope sélectionnées

#récupération des lots
sql_lots=fn_sql_readsql(con ="sql_lots.sql")
where1= paste("and op_numero in", vector_to_listsql(op_num))
sql_lots=paste(sql_lots,where1)
lots=fn_sql_0(
  sql_lots,
  baseODBC="mapopale1",
  uid="bdmap",
  pwd="bdmap")[[1]]
lots$RANGE=lots$LO_TAILLEMAX-lots$LO_TAILLEMIN

# requête du tableau des classes de taille
sql_classtail=fn_sql_readsql(con ="sql_classtail.sql")
where1= paste("and op_numero in", vector_to_listsql(op_num))
sql_classtail=paste(sql_classtail,where1)
# tableau des classes de tailles
classtail=fn_sql_0(
  sql_classtail,
  baseODBC="mapopale1",
  uid="bdmap",
  pwd="bdmap")[[1]]

# création des nouvelles colonnes dans t_densite
t_densite[, '150']=NA
t_densite[, '150_300']=NA
t_densite[, '300_450']=NA
t_densite[, '450']=NA
t_densite$OT_EFFECTIF[is.na(t_densite$OT_EFFECTIF)]=0

funclasstail=function(limite=0.5,rangelotg=150){
  for(j in op_num){
    #cat(j)
    # teste de voir si les effectifs reclassés sont assez importants
    sumCT=sum(classtail[j]==classtail$OP_NUMERO,"CT_EFFECTIF",na.rm=TRUE)
    dens=t_densite[t_densite$OP_NUMERO==j,"OT_EFFECTIF"]
    if (dens>0){
      if (sumCT/dens>limite) { # Trop lots non reclassés ?
        if ( dim(lots[lots$OP_NUMERO==j,])[1] !=0) { # y a t'il des lots G ?
          if (max(lots[lots$OP_NUMERO==j & lots$LO_TAILLEMIN<450
,"RANGE"],na.rm=TRUE)>=rangelotg) {
            test=FALSE #pb de longueur de lotsG
          } else {
            test=TRUE #pas de pb de longueur de lotsG
          }
        }
      }
    }
  }
}

```

```

    } else { #pas de lots G
      test=TRUE
    }
    if (test) {
      # l'étendue de slots G pour les petites anguilles est elle suffisamment réduite ?
      # récupération des sommes par classes de tailles et réinjection dans t_densite
      t_densite[t_densite$OP_NUMERO==j,"150"]=
        sum(classtail[j==classtail$OP_NUMERO &
              classtail$CT_TAILLE<150,"CT_EFFECTIF"],na.rm=TRUE)
      t_densite[t_densite$OP_NUMERO==j,"150_300"]=
        sum(classtail[j==classtail$OP_NUMERO &
              classtail$CT_TAILLE>=150 &
              classtail$CT_TAILLE<300,"CT_EFFECTIF"],na.rm=TRUE)
      t_densite[t_densite$OP_NUMERO==j,"300_450"]=
        sum(classtail[j==classtail$OP_NUMERO &
              classtail$CT_TAILLE>=300 &
              classtail$CT_TAILLE<450,"CT_EFFECTIF"],na.rm=TRUE)
      t_densite[t_densite$OP_NUMERO==j,"450"]=
        sum(classtail[j==classtail$OP_NUMERO &
              classtail$CT_TAILLE>=450,"CT_EFFECTIF"],na.rm=TRUE)
    }
  }
}
return(t_densite)
}
t_densite=funclasstail(limite=0.5,rangelotg=150)

# tableau des lots

# récupération des données de température et d'élévation,
# lecture de la table des températures et élévations

temp=read.table("T.csv", header = TRUE, sep = ";", quote="\"", dec=".",stringsAsFactors=FALSE)
paste("Intégration des altitudes, et températures")
for (j in 1:nrow(t_densite)){
  progress(j,nrow(t_densite))
  if (!is.null(t_densite$ST_ABCISSE[j])){
    choix=temp$Xmin_LAMBERT <=t_densite$ST_ABCISSE[j] &
      temp$Xmax_LAMBERT>t_densite$ST_ABCISSE[j] &
      temp$Ymin_LAMBERT<=t_densite$ST_ORDONNE[j] &
      temp$Ymax_LAMBERT>t_densite$ST_ORDONNE[j]
    if (sum(choix)==1){
      t_densite$TMOY01[j]= temp[choix,"TMOY01"]
      t_densite$TMOY07[j]= temp[choix,"TMOY07"]
      if (is.na(t_densite$ST_ALTITUDE[j])) {
        t_densite$ST_ALTITUDE[j]=temp[choix,"ALT_M"]
      }
    }
  }
}
}

# remplacement des NA par des zéro

```

```
t_densite[t_densite$OT_EFFECTIF==0,c("OT_EFFECTIFESTIM","PA_EFFECTIF",
  "150","150_300","300_450","450")]=0
#calcul des densités (en divisant par la surface des stations
t_densite[,c("OT_EFFECTIF","OT_EFFECTIFESTIM","PA_EFFECTIF",
  "150","150_300","300_450","450")]=
  t_densite[,c("OT_EFFECTIF","OT_EFFECTIFESTIM","PA_EFFECTIF",
    "150","150_300","300_450","450")]/t_densite$OP_SURFACEECHANTILLON
```

“fn_sql_bassin.r”

```
#table représente le chemin vers la table
#fn_sql_bassin("tablebassin.csv")
#table="tablebassin.csv"
fn_sql_bassin<- function(table) {

  tablebassin<- read.table(
    table,header=TRUE,sep=";",
    quote="\"",dec=".",fill=TRUE,as.is=TRUE)

  bassin=tk_select.list(unique(tablebassin$nom_bassin),preselect=unique(tablebassin$nom_bassin),
    multiple=TRUE,title="choix du (des) bassins")

  match<-tablebassin$nom_bassin%in%bassin
  tablebassin=subset(tablebassin,match)
  riviere=tk_select.list(tablebassin$nom_riviere,
    preselect=tablebassin$nom_riviere,multiple=TRUE
    ,title="choix de la (des) rivières")
  match<-tablebassin$nom_riviere%in%riviere
  tablebassin=subset(tablebassin,match)
  hydro=tablebassin$code_hydro

  if (length(hydro)==1) {
    where=paste( " WHERE  BDMAP.ENTITEHYDRO.EH_CODEGENERIQUE LIKE ",
      hydro,
      "%", sep="")
  } else {
    where=paste( " WHERE  BDMAP.ENTITEHYDRO.EH_CODEGENERIQUE LIKE ",
      hydro[1],
      "%", sep="")

    for (j in 2:(length(hydro))) {
      where=paste(where,
        " OR  BDMAP.ENTITEHYDRO.EH_CODEGENERIQUE LIKE ",
        hydro[j],
        "%", sep="")
    }
  }

  # Requete sql
  sql = paste(
    "SELECT",
    "EH_CODEGENERIQUE",
    "FROM ",
    "BDMAP.ENTITEHYDRO",
    where,
    ";"
```

```

        sep=" ")
return(sql)}

```

“vect_to_listsql.r”

```

vector_to_listsql<-function(vect){
# vect = un vecteur caractere
if (length(vect)==1) {
  listsql=paste("(",vect,"",sep="")
}
if (length(vect)>2){
  listsql=paste("(",vect[1],",", sep="")
  for(j in 2:(length(vect)-1)){
    listsql=paste(listsql,vect[j],",", sep="")
  }
  listsql=paste(listsql,vect[length(vect)],",", sep="")
} else if (length(vect)==2){
  listsql=paste("(",vect[1],",", sep="")
  listsql=paste(listsql,vect[length(vect)],",", sep="")
}
return(listsql)
}

```

“remplace_dist.r”

```

# problèmes liés aux distances mer des stations
# récupération de la table des distances sauvegardée

dmercor=read.table(file="dmer.csv",
  header=FALSE,sep=";",stringsAsFactors=FALSE)
colnames(dmercor)=c("NUM","ST_CODECSP","ST_DISTANCEMER")
# remplacement des valeurs de distance mer lorsque les station sont dans dmercor
index=match(t_densite$ST_CODECSP,dmercor$ST_CODECSP) # ou sont elles dans stcodecsp,il y a
des NA
index=index[!is.na(index)]
t_densite[t_densite$ST_CODECSP %in% dmercor$ST_CODECSP,"ST_DISTANCEMER"]= # celle
qui peuvent être remplacées
dmercor[index,"ST_DISTANCEMER"] #celles qui remplacent

dsourc=read.table(file="dsourc.csv",
  header=FALSE,sep=";",stringsAsFactors=FALSE)
colnames(dsourc)=c("NUM","ST_CODECSP","ST_DISTANCESOURCE")
index=match(t_densite$ST_CODECSP,dsourc$ST_CODECSP)
index=index[!is.na(index)]
t_densite[t_densite$ST_CODECSP %in% dsourc$ST_CODECSP,"ST_DISTANCESOURCE"]= #
celle qui peuvent être remplacées
dsourc[index,"ST_DISTANCESOURCE"] #celles qui remplacent

choix=tk_select.list(c("oui","non"),preselect="non",multiple=FALSE
  ,title="veux-tu completer la table des distances ?")
if (choix=="oui") {
  # récupération des codes du fichier actuel
  ST_CODECSP=unique(t_densite$ST_CODECSP)

  ST_DISTANCEMER=t_densite[match(ST_CODECSP,t_densite$ST_CODECSP),"ST_DISTANCEME
R"]

```

```

dmer=as.data.frame(cbind(ST_CODECSP,ST_DISTANCEMER))
dmer=dmer[is.na(dmer[, "ST_DISTANCEMER"]),]
write.table(
  dmer ,
  file = paste(getwd(), "/dmer.csv", sep=""),
  append = TRUE,
  sep=';',
  col.names = FALSE
)
}

```

“list_ouv_peche.r”

```

choix=tk_select.list(c("oui", "non"), preselect="non", multiple=FALSE
, title="veux-tu faire le calcul des relations ouvrages ?")

if (choix=="oui"){
  sql=paste("select * from t_ouvrage_ouv ")
  barglobal=fn_sql_0(sql, baseODBC="postgres", uid="postgres", pwd="postgres")[[1]]
  if (class(barglobal)!="data.frame") stop("problème au chargement de la table ouvrage")
  sql=paste("select * from v_ouv_fba")
  notesglobal=fn_sql_0(sql, baseODBC="postgres", uid="postgres", pwd="postgres")[[1]]
  choix=tk_select.list(c("oui", "non"), preselect="non", multiple=FALSE
, title="passage a des notes positives ?")
  if (choix=="oui") {
    source("funmodifnoteglobal.r")
    notesglobal=fumodifnoteglobal(notesglobal)
  }
  if (class(notesglobal)!="data.frame") stop("problème au chargement de la vue v_ouv_fba")
  sql=paste("select * from v_ouv_nao")
  suprglobal=fn_sql_0(sql, baseODBC="postgres", uid="postgres", pwd="postgres")[[1]]
  if (class(suprglobal)!="data.frame") stop("problème au chargement de la vue v_ouv_nao")
  sql=paste("select * from v_ouv_den")
  denglobal=fn_sql_0(sql, baseODBC="postgres", uid="postgres", pwd="postgres")[[1]]
  if (class(denglobal)!="data.frame") stop("problème au chargement de la vue v_ouv_den")
  sql=paste("select * from v_ouv_passe")
  passeglobal=fn_sql_0(sql, baseODBC="postgres", uid="postgres", pwd="postgres")[[1]]
  if (class(passeglobal)!="data.frame") stop("problème au chargement de la vue v_ouv_passe")
  # fonctions de recherche des barrage et de création de la table des notes
  source("funrecherchebar.R")
  source("fntablenote.r")
  source("funouvpeche.R")
  source("funbargenerique.R")
  source("funrecherchemanuel.R")
  codebaraval=read.table(file="codebaraval.csv",
    header=TRUE, sep=";", stringsAsFactors=FALSE)
  colnames(codebaraval)=c("station", "codegeneriquesansbar", "baraval") # pour être sûr

  # table crée à la main pour stocker les
  #barrages aval des zones codegenerique à problème
  res=funouvpeche(tablestation, barglobal, notesglobal, denglobal, suprglobal)
  listouvpech<-res[["listouvpech"]] # liste de travail
  listcodegenerique<-res[["listcodegenerique"]] # stations ou il est nécessaire de renseigner la zone aval
  liststa<-res[["liststa"]] # stations avec pb de dist source
  # liststa #liste des stations dont la distance source n'est pas renseignée

  #tablestation[tablestation$ST_ID=="114217",]

```

```

# création d'une liste des stations sans barrage dans la zone generique
choix=tk_select.list(c("oui","non"),preselect="non",multiple=FALSE
, title="completer la table des codes generique a pb ?")
if (choix=="oui") {
  tablecodegenerique=cbind(unlist(listcodegenerique),rep(NA,length=length(unlist(listcodegenerique))))
  write.table(
    tablecodegenerique ,
    file = paste(getwd(),"/codegeneriqueavaltmp.csv",sep="),
    append = TRUE,
    sep=';',
    col.names = FALSE
  )
}
choixsauv=c("oui","non")
choixsauv=tk_select.list(choixsauv,preselect="non",multiple=FALSE,
title="voulez vous sauvegarder la liste ouvpeche")
if (choixsauv=="oui"){
  newpath<-file.path(getwd(),paste("listouvpech",strftime(as.POSIXlt(Sys.time()),"%d-%B")
, ".Rdata",sep=""))
  fileName<-savefile(path=newpath)
  save(listouvpech,file=fileName)
}
} else {
  fichiercharge="listouvpech09-juillet.Rdata"
  fileName=loadfile(path=fichiercharge)
  if (class( fileName)=="character") load(file=fileName)
}

```

“funmodifnoteglobal.r”

```

fumodifnoteglobal=function(noteglobal){
  vecteur=c("BERGE",
    "DIVERSITE",
    "PROFIL",
    "RUGOSITE")
  vecteurchange=c(0.5,1,1,1)
  for ( i in 1:4){
    notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote==vecteur[i]]=
    notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote==vecteur[i]]+vecteurchange[i]
  }
  ouv=notesglobal$souv_id
  for (i in 1: nrow(notesglobal)){
    progress(i,nrow(notesglobal))
    selectouv=notesglobal$souv_id==notesglobal$souv_id[i]
    notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote=="SCORE" & selectouv]=
    max(notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote=="BERGE" & selectouv],0)+
    max(notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote=="DIVERSITE"&selectouv],0)+
    max(notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote=="PROFIL"&selectouv],0)+
    max(notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote=="RUGOSITE"&selectouv],0)+
    max(notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote=="HAUTEUR"&selectouv],0)
    # je passe par le max car il y a des numeric(0) qui foutent la merde
  }
  return(notesglobal)
}

```

“funouvpeche.r”

```

funouvpeche<-function(tablestation,barglobal,notesglobal,denglobal,suprglobal){
# déclaration des variables
  tablenote<-as.data.frame(matrix(data=NA,nrow=1,ncol=10))
  colnames(tablenote)=c("efface","denivele","hauteur","profil","rugosite",
    "berge","diversite","score","expertise","passe")
  listouvpech=list()
  listcodegenerique=list()
  liststa=list()
# numst=212
  for (numst in 1:dim(tablestation)[1]){
    progress(numst,dim(tablestation)[1])
    pechecourante=tablestation[numst,]
    #=====
    # RECHERCHE DU BARRAGE A L'AVANT DE LA STATION
    #=====
    if (is.na(pechecourante$ST_DISTANCESOURCE)){
      warnings(paste("station",pechecourante$ST_ID,"la distance source n'est pas renseignée
numst=",numst))
      liststa[[as.character(pechecourante$ST_ID)]] = pechecourante
      listouvpech[[as.character(pechecourante$OP_NUMERO)]] =
        list(list("ouv_id"=NA,"tablenote"=NA))
      cat(paste("pb dist source", "\n"))
    } else {
      fbar<-funbargenerique(pechecourante,barglobal)
      if (fbar$test=="MER"){ # premier cas, l'aval est renseigné manuellement comme la mer
        listouv=list("ouv_id"="MER","tablenote"=NA)
        listouvpech[[as.character(pechecourante$OP_NUMERO)]] = list(listouv)
      } else if (!fbar$test) { # on a un problème
        listcodegenerique[[as.character(pechecourante$ST_ID)]] = fbar$codegenerique
        listouvpech[[as.character(pechecourante$OP_NUMERO)]] = list(list("ouv_id"=NA,"tablenote"=NA))
      } else { # tout va bien
        bar=fbar$bar
        if (nrow(bar)>1) bar =fbar$bar[1,] # deux barrages à la même distance
        #=====
        # remplissage de la première ligne du tableau tablenote
        #=====
        tablenote[,]=NA
        tablenote<-
fntablenote(ouv_id=as.character(bar$ouv_id),tablenote,notesglobal,suprglobal,denglobal,
          pechecourante)
        rownames(tablenote)=bar$ouv_id
        tablenotefinal<-tablenote
        vecteurouvrage=as.character(bar$ouv_id)

        #=====
        # RECHERCHE EN BOUCLE DES BARRAGES AVANT ET REMPLISSAGE DU TABLEAU
DES NOTES
        #=====
        compteur=0
        while(as.character(bar$ouv_baraval)!="MER"){
          compteur=compteur+1
          #cat(paste(compteur," "))
          #cat("\n")
          if (compteur>nrow(barglobal)){
            stop(paste(bar$ouv_baraval,"les barrages avant reviennent en boucle, vérifie barrages avant"))
          }
        }
      }
    }
  }
}

```

```

}
if (sum(as.character(barglobal$ouv_id)==as.character(bar$ouv_baraval))==0) {
  stop(paste(vecteurouvrage,"problème pour trouver le barrage aval suivant, vérifier ds base"))
}
bar=barglobal[as.character(barglobal$ouv_id)==as.character(bar$ouv_baraval),]

#recuperation de l'ouvrage aval
vecteurouvrage=c(vecteurouvrage,as.character(bar$ouv_id))
# cree le vecteur des ouvrages en aval de la station
tablenote[,]=NA
#réinitialise le vecteur
tablenote<-fntablenote(as.character(bar$ouv_id),
                      tablenote,
                      notesglobal,
                      suprglobal,
                      denglobal,
                      pechecourante)

rownames(tablenote)=bar$ouv_id
# ecrit les données correspondant au nouveau barrage dans tablenote
tablenotefinal=rbind(tablenotefinal,tablenote)

}
listouv=list("ouv_id"=c(vecteurouvrage,"MER"),"tablenote"=tablenotefinal)
listouvpech[as.character(pechecourante$OP_NUMERO)]=list(listouv)
}
}
}
return(list("listouvpech"=listouvpech,
           "listcodegenerique"=listcodegenerique, # stations ou il est nécessaire de renseigner la zone aval
           "liststa"      =liststa)) # stations avec pb de dist source

```

} “fntablenote.r”

```

# -----
# fonction pour le remplissge de tablenote
# -----
# ouv_id=as.character(bar$ouv_id)
fntablenote=function(ouv_id,tablenote,notesglobal,suprglobal,denglobal,pechecourante){
# récupération de la table de jointure barrage-note pour les lignes correspondant à l'ouv_id
notes=notesglobal[as.character(notesglobal$ouv_id)==as.character(ouv_id),]
# -----
# recherche des notes
# -----
notes<-notes[as.Date(round(pechecourante$OP_DATEDEBUT,"day"))>notes$fba_datedebut &
(as.Date(round(pechecourante$OP_DATEDEBUT,"day"))<notes$fba_datefin|is.na(notes$fba_datefin)) &
notes$fba_tax_code==2038 ,]
# on veut que date début pêche > datedébut note et ((date fin peche < date fin note) ou (des na dans
datefinnote))
# et que les notes concernent l'espèce anguille
notes<-notes[,c("fba_valeurnote","fba_tyn_typenote")]
notes$fba_tyn_typenote=tolower(notes$fba_tyn_typenote)
for (i in 3:9){      # les 5 premières colonnes de tablenote
  champ=colnames(tablenote)[i]
  #cat(champ)
  if (length(notes$fba_tyn_typenote)>0){

```

```

    if( sum(notes$fba_tyn_typenote==champ)>0){
      if (sum(notes$fba_tyn_typenote==champ)<2) {
        tablenote[1,champ]<-notes$fba_valeurnote[notes$fba_tyn_typenote==champ]
      } else {
        warnings (paste("plus de 1 note",ouv_id, "vérifier // temporairement choix de la valeur
max"))
        tablenote[1,champ]<-max(notes$fba_valeurnote[notes$fba_tyn_typenote==champ])
      }
    }
  }
}

# -----
# l'ouvrage est il ruiné ?
# -----

supr=suprglobal[suprglobal$ouv_id==ouv_id,]
if(length(supr$nao_nov_code)>0){
  if (length(supr[,supr$nao_nov_code=="OF-RUINE"|supr$nao_nov_code=="OMV-RUI"])==0){
    tablenote[1,"efface"]=FALSE
  } else {
    if (nrow(supr[as.Date(round(pechecourante$OP_DATEDEBUT,"day"))>supr$nao_datedebut &
(as.Date(round(pechecourante$OP_DATEDEBUT,"day"))<supr$nao_datefin|is.na(supr$nao_datefin))&
(supr$nao_nov_code=="OF-RUINE"|supr$nao_nov_code=="OMV-RUI"),)]==0){
      # pas de periode de nature d'ouvrage supprimé correspondant incluant la date de pêche
      tablenote[1,"efface"]=FALSE
    } else {
      # il existe au moins un élément dans la table (vannage ou déversoir fixe)
      tablenote[1,"efface"]=TRUE
    }
  }
}
# -----
# recherche du denivele
# -----

den=denglobal[denglobal$ouv_id==as.character(ouv_id),]

if (length(den$den_denivele)>0) tablenote[1,"denivele"]=max(den$den_denivele)
if (length(den$den_denivele)>1) warnings(paste(as.character(ouv_id),"valeur maximale de dénivelée
connue sélectionnée"))
# -----
# recherche des passes
# -----

passe=passglobal[as.character(passeglobal$passe_ouv_id)==as.character(ouv_id),]

if (nrow(passe)==0) {
  tablenote[1,"passe"]=FALSE
} else if
(nrow(passe[as.Date(round(pechecourante$OP_DATEDEBUT,"day"))>passe$passe_datedebut &
(as.Date(round(pechecourante$OP_DATEDEBUT,"day"))<passe$passe_datefin|
is.na(passe$passe_datefin),)]>0){
  tablenote[1,"passe"]=TRUE
} else tablenote[1,"passe"]=FALSE
return(tablenote)
}

```

“funbargenerique.r”

```
funbargenerique<-function(pechecourante,barglobal){
  fbar0<-funrecherchebar(pechecourante,barglobal) # premier passage en fonction du codegenerique
  if (fbar0[[2]]=="MER"){
    fbar0$bar=NA } else if (!fbar0[[2]]){
      cat(paste("recherche manuelle bar aval","\n"))
      fbar1<-funrecherchemanuel(pechecourante,barglobal,codebaraval)
      # on refait tourner en cherchant a partir table remplie à la main
      if (fbar1$test=="MER"){
        fbar0=fbar1
        # rien mais il faut que je prenne en compte ce cas
      } else if (!fbar1[[2]]){ #si plante quand même
        # stations et codes generique a pb
        warning (paste("la station au code generique",
          fbar0$codegenerique,"n'a pas de barrages dans sa zone"))
        cat(paste("pas de correspondance dans la table","\n"))
      } else if (fbar1[[2]]) fbar0=fbar1
    }
  }
  return(fbar0)
}
```

“funrecherchebar.r”

```
funrecherchebar<- function(pechecourante,barglobal) {
  test=TRUE # dans tous les cas de la boucle sauf si passe par FALSE
  # test = trouve barrage ds zone generique ?
  #-----
  #! 1 retrouve le liste des barrages de la zone en aval de la station
  #! et sélection du plus amont
  #-----
  codegenerique=as.character(pechecourante$EH_CODEGENERIQUE)

  barrages_zone_aval=barglobal[as.character(barglobal$souv_codegenerique)==codegenerique &
    barglobal$souv_distancesource >pechecourante$ST_DISTANCESOURCE &
    is.na(barglobal$souv_ouv_id) ,]
  #-----
  #! cas ou il n'y a pas de barrage dans la zone en aval de ma station
  # je cherche le barrage le plus à l'aval de ma zone
  #-----
  if (nrow(barrages_zone_aval)==0) {
    barrages_zone=barglobal[as.character(barglobal$souv_codegenerique)==codegenerique &
      is.na(barglobal$souv_ouv_id) ,]

    if (nrow(barrages_zone)!=0) {
      # si j'ai au moins un barrage dans ma zone

      barzone=barrages_zone[barrages_zone$souv_distancesource==max(barrages_zone$souv_distancesource),]
      # A l'aide du barrage le plus en aval de la zone, on trouve le barrage aval
      if (as.character(barzone$souv_baraval)=="MER" ){
        test="MER"
        bar=NA
      } else {
        bar=barglobal[as.character(barglobal$souv_id)==as.character(barzone$souv_baraval) ,]
      }
    } else {
```

```

        bar=NA
        test=FALSE
    }
} else {
  # TODO chercher un tableau.csv avec zone generique aval et faire retourner la requête avec la nouvelle
  zone generique

  bar=barrages_zone_aval[barrages_zone_aval$souv_distancesource==min(barrages_zone_aval$souv_distan
  cesource),]
}
return(list("bar"=bar,"test"=test,"codegenerique"=codegenerique))
}

```

“funrecherchemanuel.r”

recherche manuellement les barrages correspondant dans la table barglobal

```

funrecherchemanuel<-function(pechecourante,barglobal,codebaraval){
  # premier barrage en aval de la zone generique
  test=TRUE
  codegenerique=as.character(pechecourante$EH_CODEGENERIQUE)
  bar= codebaraval$bar[
    codegenerique==codebaraval$codegeneriquesansbar][1]
  cat(paste("le barrage aval est",bar,"\n"))
  if (is.na(bar)) {
    warning(paste(" pas de correspondance pour",
    as.character(pechecourante$EH_CODEGENERIQUE),
    "dans table codebaraval.csv"))
    test=FALSE
    bar=NA
  } else if (bar=="MER") {
    test="MER"
    bar=NA
  } else {
    bar=barglobal[as.character(barglobal$souv_id)==bar,]
  }
  return(list("bar"=bar,"test"=test,"codegenerique"=codegenerique))
}

```

“funbarhydro.r”

```

funbargenerique<-function(pechecourante,barglobal,codegeneriqueaval){
  fbar0<-funrecherchebar(pechecourante,barglobal,codegeneriqueaval,Z=FALSE) # premier passage
  en fonction du codegenerique
  if (!fbar0[[2]]){
    fbar1<-funrecherchebar(pechecourante,barglobal,codegeneriqueaval,Z=TRUE)
    # on refait tourner en cherchant a partir table remplie à la main
    if (!fbar1[[2]]){ #si plante quand même
      # stations et codes generique a pb
      warning (paste("la station au code generique",
      fbar0$codegenerique,"n'a pas de barrages dans sa zone"))
    } else fbar0=fbar1
  }
  return(fbar0)
}

```

“funsumnote.r”

```

funsumnote<-function(listouvpech,den_lineaire=TRUE,Ninf=3.632,k=1.136,hlin=1.5,passe=TRUE){
  for (i in 1: nrow(tablestation)){
    #cat(i)
    tableau=listouvpech[[as.character(tablestation$OP_NUMERO[i])]][["tablenote"]]
    if (is.data.frame(tableau)){
      # recherche des NA
      vecteurNA=colSums(is.na(tableau))
      # traitement des barrages effacés
      tableau$efface[is.na(tableau$efface)]=FALSE
      denivefface=tableau$denivele[tableau$efface]
      if (sum(denivefface[denivefface>0],na.rm=TRUE)>0) {
        warnings(paste("le denivelé des barrages effacés devrait être nul, barrages ",
          rownames(tableau[
            index(tableau$efface & tableau$denivele>0 & !is.na(tableau$denivele)),]))
      }
      tableau$denivele[tableau$efface]=0
      # vecteur de réindexation (on vire les ouvrages de hauteur nulle)
      reindex=tableau$denivele!=0 & !is.na(tableau$denivele)
      tableau<-tableau[reindex,]
      if (passe) {
        tableau=tableau[!tableau$passe,]
      }
      # transformation des notes
      if (!den_lineaire) {
        den<-tableau$denivele[tableau$denivele<=1.5 & !is.na(tableau$denivele)]
        den=Ninf*(1-exp(-k*den))
        tableau$denivele[tableau$denivele<=1.5 & !is.na(tableau$denivele)]<-den
        den<-tableau$denivele[tableau$denivele>1.5 & !is.na(tableau$denivele)]
        den=den+hlin
        tableau$denivele[tableau$denivele>1.5 & !is.na(tableau$denivele)]<-den
      }
      # somme des notes
      vec=colSums(tableau,na.rm=TRUE)
    } else {
      vec=NA
      vecteurNA=NA
    }
    listouvpech[[as.character(tablestation$OP_NUMERO[i])]][["vecteurNA"]]=vecteurNA
    listouvpech[[as.character(tablestation$OP_NUMERO[i])]][["vecteurnote"]]=vec
  }
  return(listouvpech)
}

```

“selct_stations.r”

```

funselectstation=function(t_densite){
  choix=tk_select.list(c("oui","non"),preselect="non",multiple=FALSE
    ,title="voulez vous faire une sélection des bassins")
  tablebassin<- read.table(
    "tablebassin.csv",header=TRUE,sep=";",
    quote="\"",dec=".",fill=TRUE,as.is=TRUE)
  if (choix=="oui") {

```

```

bassin=tk_select.list(unique(tablebassin$nom_bassin),preselect=unique(tablebassin$nom_bassin),multiple=TRUE
                        ,title="choix du (des) bassins")

match<-tablebassin$nom_bassin%in%bassin
tablebassin=subset(tablebassin,match)
riviere=tk_select.list(tablebassin$nom_riviere,
                        preselect=tablebassin$nom_riviere,multiple=TRUE
                        ,title="choix de la (des) rivières")
match<-tablebassin$nom_riviere%in%riviere
tablebassin=subset(tablebassin,match)
hydro=tablebassin$code_hydro
t_densite2=t_densite[as.character(t_densite$EH_CODEGENERIQUE)%in%hydro,]

choixstation=tk_select.list(unique(as.character(t_densite2$ST_CODECSP)),
                             preselect=unique(as.character(t_densite2$ST_CODECSP)),
                             multiple=TRUE,
                             title="choix des stations")
t_densite2=t_densite2[t_densite2$ST_CODECSP %in% choixstation,]
} else t_densite2=t_densite

return(t_densite2)
}

```

“funremplaceNAparmediane.r”

```

funremplaceNAparmediane=function(data,nomcolonne){
  data[,nomcolonne][is.na(data[,nomcolonne])]=median(data[,nomcolonne],na.rm=TRUE)
  return( data[,nomcolonne])
}

funremplace_val_manq_autres_stations=function(data,nomcolonne){
  # calcul des médianes sur toutes opes des stations
  med=tapply(data$OP_CS_PROFMOYEN,data$ST_ID,median,na.rm=TRUE)
  med=med[!is.na(med)]
  # recherche de la correspondance entre les numéros de station
  # des lignes sans valeur et les medianes
  index=match(data[, "ST_ID"][is.na(data[,nomcolonne])],as.numeric(names(med)))
  # quelles données sont remplaçables
  index2=!is.na(index)
  print(paste("nombre de valeurs remplacées =", sum(!is.na(index))," sur",length(index)))
  data[,nomcolonne][is.na(data[,nomcolonne])][index2]<-med[index[index2]]
  return( data[,nomcolonne])
}

```

“indicemilieu.r”

```

funindicemilieu<-function(t_densite){
  # calcul de l'indice de vitesse à l'aide de la formule de chezy

  t_densite$vitesse_chezy=((log(t_densite$OP_CS_LARGEURLAMEEAU))
  +(log(t_densite$OP_CS_PROFMOYEN))+(log(t_densite$ST_PENTEIGN))
  -(log(t_densite$OP_CS_LARGEURLAMEEAU+2*t_densite$OP_CS_PROFMOYEN)))

  # calcul de l'altitude
  t_densite$log_altitude=(log(t_densite$ST_ALTITUDE))
}

```

```

# calcul du gradient longitudinal
indice_milieu=read.table(file="indice_milieu.csv",
  header=TRUE,sep=";",stringsAsFactors=FALSE)

# indx donne le n° de ligne ds indice milieu correspondant aux stations de chaque ligne de t_densité
indx=match(t_densite$ST_CODECSP,indice_milieu$CODE_STATION)
# certaines stations n'ont pas de correspondance dans indice milieu
# et ont la valeur NA
# reindex permet de s'en débarrasser
# indx[reindx] correspond aux stations ayant une correspondance
reindx=!is.na(indx)
t_densite[reindx,"ST_SBV"]=indice_milieu$SURFACE_BV[indx[reindx]]
t_densite$ST_DISTANCESOURCE[t_densite$ST_DISTANCESOURCE==0]=0.01
t_densite$gradientlongitudinal=3.015-0.347*log(t_densite$ST_SBV)-
0.543*log(t_densite$ST_DISTANCESOURCE)
#t_densite[t_densite$gradientlongitudinal>3,]
# calcul des conditions thermiques
# T1
t_densite$T1=t_densite$TMOY07+t_densite$TMOY01
# T2
t_densite$T2=t_densite$TMOY07-t_densite$TMOY01

# récupération des distances à la marée dynamique
d_maree_dyn=read.table(file="d_maree_dynamique.csv",
  header=TRUE,sep=";",stringsAsFactors=FALSE)

# indx donne le n° de ligne ds indice milieu correspondant aux stations de chaque ligne de t_densité
indx=match(t_densite$ST_CODECSP,d_maree_dyn$code_station)
# t_densite$ST_CODECSP[!reindx]
# certaines stations n'ont pas de correspondance dans indice milieu
# et ont la valeur NA
# reindex permet de s'en débarrasser
# indx[reindx] correspond aux stations ayant une correspondance
reindx=!is.na(indx)
t_densite[reindx,"ST_DISTANCIMER"]=d_maree_dyn$d_maree_dyn[indx[reindx]]

# on s'est fait chier à calculer les distances mer et maintenant on les écrase
# quelle honte !

load("methodeprospection.Rdata") #methodeprospection
methodeprospection=cbind(methodeprospection,
  "lab"=c("EPA","stratif","ambiance","autre",
  "complète","facies","berges","partielle","placettes"))
t_densite$OP_CD_METHODEPROSPECTION[!is.na(t_densite$OP_LISTEESPECESCIBLES)]=0
t_densite$OP_LISTEESPECESCIBLES=as.factor(t_densite$OP_LISTEESPECESCIBLES)

methodeprospection$CD_LIBL=as.character(methodeprospection$CD_LIBL)
methodeprospection$lab=as.character(methodeprospection$lab)
methodeprospection=rbind(methodeprospection,c("anguille",0,"ang"))
t_densite$OP_CD_METHODEPROSPECTION=methodeprospection$lab[match(t_densite$OP_CD_ME
THODEPROSPECTION,methodeprospection$OP_CD_METHODEPROSPECTION)]

load("t_moyenprospection.Rdata") #moyenprospection
t_moyenprospection=cbind(t_moyenprospection,
  "lab"=c("A pied","Bateau","Mixte","Inconnu"))
t_moyenprospection$lab=as.character(t_moyenprospection$lab)

```

```
t_densite$OP_CD_MOYENPROSPECTION=t_moyenprospection$lab[match(t_densite$OP_CD_MOYE
NPROSPECTION,t_moyenprospection$OP_CD_MOYENPROSPECTION)]

return(t_densite)}
```

“recherche_et_remplace_ang.r”

```
stations_vilaine=
read.table(file="station_IAV.csv",
           header=FALSE,sep=";",stringsAsFactors=FALSE)
t_densite2[t_densite2$ST_CODECSP %in%
stations_vilaine[,1],"OP_CD_METHODEPROSPECTION"]="ang"
# pour vérifier
count=rep(1,nrow(t_densite2))
xtabs(count~t_densite2$OP_CD_METHODEPROSPECTION+t_densite2$ANNEE)
sort(t_densite2[t_densite2$ANNEE==2000&t_densite2$OP_CD_METHODEPROSPECTION=="ang",
ST_CODECSP])
```

“funtablestat.r”

```
funtablestat=function(listouvpech,tablestat,estime=FALSE,
                      selectNA=list("denivele"=0.2,
                                     "profil"=0.2,
                                     "rugosite"=0.8,
                                     "berge"=1,
                                     "diversite"=0.8)
                      ){
#remplace par les effectifs CARLE ET STRUBBE

meth=read.table(file="meth.csv",
                header=TRUE,sep=";",stringsAsFactors=FALSE)
if (estime) {
  reindex=tablestat$OT_ESTESTIME=="O" & !is.na(tablestat$OT_ESTESTIME)
  tablestat$OT_EFFECTIF[reindex]=tablestat$OT_EFFECTIFESTIM[reindex]
}
noms=c("efface","denivele","hauteur","profil","rugosite","berge","diversite","score","expertise")

for (i in 1:nrow(tablestat)){
  # cat(i)
  progress(i,nrow(tablestat))
  vecteurNA=listouvpech[[as.character(tablestat$OP_NUMERO[i])]][["vecteurNA"]]/
(length(listouvpech[[as.character(tablestat$OP_NUMERO[i])]][["ouv_id"]])-1 )
  vecteurnote=listouvpech[[as.character(tablestat$OP_NUMERO[i])]][["vecteurnote"]]
  if (length(vecteurnote)!=1){ # si c'est NA c'est 1
    test=TRUE
    for (j in 1:length(selectNA)){
      if (vecteurNA[names(selectNA[j])]>selectNA[j]){
        warnings(paste("operation", tablestat$OP_NUMERO[i],
          "Nombre de NA pour", names(selectNA[j]),"(",vecteurNA[names(selectNA[j])]),")",
          "> seuil (" ,selectNA[j],")" ))
        test=FALSE #si un seul remplit le critère
      }
    }
  }
  if (test){
    for (j in noms) {
```

```

        tablestat[i,j]=listouvpech[[as.character(tablestat$OP_NUMERO[i])]][["vecteurnote"]][j]
      }
    }
  }
}
dimnames(tablestat)[[2]]=tolower(dimnames(tablestat)[[2]])
return(tablestat)
}

```

“stat_analyse_note.r”

```

#####
# Essais
#####
#tablestat1=tablestat1$bassin%in%c("I2","I8","J1","J2","J3","J4","J5","J6")
# tablestat1$bassin2!="J7"
#tablestat1=tablestat1$bassin[tablestat1$bassin%in%c("J7")]
#tablestat1=subset(tablestat1,tablestat1$op_cd_methodeprospection!="ang")
#tablestat$score5=tablestat$score2-tablestat$berge
#tablestat$score6=tablestat$score2-tablestat$profil
#tablestat$score7=tablestat$score2-tablestat$rugosite
#tablestat$score8=tablestat$score2-tablestat$diversite-tablestat$profil
#tablestat$score9=tablestat$score2-tablestat$diversite-tablestat$rugosite
#tablestat$score10=tablestat$score2-tablestat$rugosite-tablestat$profil
#tablestat$score11=tablestat$score2-tablestat$berge-tablestat$profil
#tablestat$score12=tablestat$score2-tablestat$berge-tablestat$rugosite
#tablestat$score2=tablestat$score+tablestat$denivele-tablestat$hauteur
#tablestat$score3=tablestat$score2-tablestat$diversite-tablestat$berge

#####
#Effet croisé annee/bassin - Préparation des données
#####
tablestat$bassin=as.factor(tablestat$bassin)
tablestat$op_cd_methodeprospection=as.factor(tablestat$op_cd_methodeprospection)
tablestat$score[tablestat$score<0]=0
tablestat$score4=tablestat$score+tablestat$denivele-tablestat$hauteur-tablestat$diversite
tablestat$distancerelative=(tablestat$sst_distancemer)/(tablestat$sst_distancemer+tablestat$sst_distancesour
ce)
tablestat1<-tablestat

# Changement des intitulés des méthodes de prospection
class(tablestat1$op_cd_methodeprospection) # pour vérifier
levels(tablestat1$op_cd_methodeprospection) # impossible à virer, même si tu changes à l'intérieur
tablestat1$op_cd_methodeprospection=as.character(tablestat1$op_cd_methodeprospection)
class(tablestat1$op_cd_methodeprospection) #maintenant tu peux changer
tablestat1$op_cd_methodeprospection[tablestat1$op_cd_methodeprospection=="ambiance"]="amb"
tablestat1$op_cd_methodeprospection=as.factor(tablestat1$op_cd_methodeprospection)
levels(tablestat1$op_cd_methodeprospection) # voilà c'est changé ...

#####
# Modèle global
#####
#####
# Préparation des données pour les stats
source("nettoye.r") # funnettoye utilisé dans funtable
source("funtable.r") # création du tableau de données pour les stat
source("funformula0.R")

```

```

facteursquant=c( "annee",
                 "score4",
                 "st_distancemer",
                 "distancerelative",
                 "gradientlongitudinal",
                 "t1",
                 "t2",
                 "log_altitude")
facteursqual=c("op_cd_methodeprospection","op_cd_moyenprospection","bassin")
variabledep="ot_effectif"
formule=funformula0(
  facteursquant=facteursquant, # facteurs quantitatifs
  facteursqual=facteursqual , # qualitatifs
  variabledep=variabledep
)
tablestat1=funtable(tablestat1,
  pourgamma=TRUE, #modèle gamma  NA si deltagamma=TRUE
  deltagamma=FALSE,
  seuilNA=0.6,
  facteursquant=facteursquant, # facteurs quantitatifs
  facteursqual=facteursqual , # qualitatifs
  variabledep=variabledep,
  coordonnees=c("st_abcisse","st_ordonnee" )
)
library(lattice)

#####
# Procédure forcée
gam3=gam(formula = ot_effectif ~ s(annee)
+ s(t2) + s(t1) + s(log_altitude) + s(score4) + s(st_distancemer)
+ s(gradientlongitudinal) + s(distancerelative)
+ bassin + op_cd_methodeprospection + op_cd_moyenprospection,data=tablestat1,
  family=Gamma(link="log"),na.action=na.gam.replace)
#####
# Résultats
print(paste("nb de lignes=",nrow(tablestat1)))
cortablestat=tablestat1[,c(facteursquant,variabledep)]

cor=symnum(c1S <-cor(cortablestat,use = "complete"))
print(cor)

x11()
densityplot(log(tablestat1[,variabledep]),
  xlab="Log(densités observées)",
  ylab="Densités observées")

summary(gam3)
hist(residuals(gam3),main="Histogramme des résidus",
  xlab="Résidus",
  ylab="Fréquence",
  col="lightblue",
  br = 12)
drop1(gam3)
str(gam3)
x11()
mat=matrix(1:6,3,2)
layout(mat)

```

```

plot.gam(gam3, residuals=TRUE,rugplot=TRUE,se=TRUE,scale=0,ask=TRUE)

pred.gam3=predict(gam3,type="response")

x11()
plot(tablestat1[,variabledep],pred.gam3,
      xlab="Densités observées",
      ylab="Densités prédites")
cor.test(tablestat1[,variabledep],pred.gam3,method="pearson")

#####
# Calcul des différences selon les méthodes de prospection
#####
co=coef(gam3)
diff= col["op_cd_methodeprospectionang"] - col["op_cd_methodeprospectioncomplète"]
exp(diff)
moyef=mean(tablestat1$ot_effectif)
moyang=mean(tablestat1[tablestat1$op_cd_methodeprospection=="ang","ot_effectif"])
moycom=mean(tablestat1[tablestat1$op_cd_methodeprospection=="complète","ot_effectif"])

#####
##Validation de la note de STEINBACH
#####
#####
# Préparation des données pour les stats
tablestat1<-tablestat
source("nettoye.r") # funnettoye utilisé dans funtable
source("funtable.r") # création du tableau de données pour les stat
source("funformula0.R")
facteursquant=c( "rugosite",
                 "denivele",
                 "profil",
                 "berge",
                 "diversite")
facteursqual=c("op_cd_methodeprospection","op_cd_moyenprospection")
variabledep="ot_effectif"
formule=funformula0(
  facteursquant=facteursquant, # facteurs quantitatifs
  facteursqual=facteursqual , # qualitatifs
  variabledep=variabledep
)
tablestat1=funtable(tablestat1,
  pourgamma=TRUE, #modèle gamma NA si deltagamma=TRUE
  deltagamma=FALSE,
  seuilNA=0.6,
  facteursquant=facteursquant, # facteurs quantitatifs
  facteursqual=facteursqual , # qualitatifs
  variabledep=variabledep
)
#####
# Procédure stepwise
gam1=gam(formule,
  data=tablestat1,
  family=Gamma(link="log")
)

source("funformula.R")

```

```

scope=funformula(data=tablestat1,
  facteursquant=facteursquant,
  facteursqual=facteursqual,# facteurs quantitatifs
  reste=c("score3") # facteurs devant rester dans la procédure stepwise
)
gam3=step.gam(gam1,scope=scope, direction="both",trace=TRUE)

#####
# Procédure forcée
gam3=gam(formula = ot_effectif ~ denivele + s(rugosite) + s(diversite)
+ s(profil)+ s(berge) + op_cd_methodeprospection + op_cd_moyenprospection ,data=tablestat1,
  family=Gamma(link="log"))

#####
# Chargement des couches SIG
#####
library(sp)
library(maptools)
CE_contour_simplifie=readShapePoly("Reseau_hydro_simp_region.shp")
CE_simp=readShapeLines("Reseau_hydro_simp_polyline.shp")

#####
# Analyse spatiale des résidus
# Fonction pour tracer les résidus d'une régression sur une carte
#####
source("fonctions_graphiques.r")
x11(14,10)
fun_graph_spatial_residus( xlabel="st_abcisse",
  ylabel="st_ordonnee",
  mod=gam3,
  data=tablestat1,
  fond=CE_simp,
  couleurs=c("blue","green","red"),
  space="Lab",          #c("rgb", "Lab")
  probs = c(0,0.1,0.2,0.4,0.6,0.8,0.9,1),#seq(0, 1, 0.10) # voir quantile
  title="Résidus moyens")

#####
# Densités moyennes par pêches électriques
#####
# Graphe bubble
spdf=CrSpPtsDF(xlabel="st_abcisse",ylabel="st_ordonnee",data=tablestat1)
bubble(spdf,"ot_effectif",main="Densités moyennes en pêche électrique",maxsize = 2.5)
# Couleurs
spdf=CrSpPtsDF(xlabel="st_abcisse",ylabel="st_ordonnee",data=tablestat)
plot_SpPtsDF(      fond=CE_simp,
  donnee=spdf, #un objet de classe SpPtsDF
  colonne="ot_effectif",  # la colonne qu'on souhaite afficher
  couleurs=c("steelblue", "red"),
  space="Lab",          #c("rgb", "Lab")
  probs=seq(0, 1, 0.25),
  cex=1 ,
  title="Densités moyennes en pêche électrique",
  text=NULL
)
#####
# Analyse de pred.gam3 et sortis sous excel pour analyse

```

```
#####
pred.gam3=cbind("st_codecsp"=tablestat[as.integer(rownames(pred.gam3)), "st_codecsp"],pred.gam3)
pred.gam3=cbind("bassin"=tablestat[as.integer(rownames(pred.gam3)), "bassin"],pred.gam3)
source("funcalculemoyenne.r")
pred.gam3_moy=funcalculemoyenne(data=pred.gam3,label="st_codecsp",
  vecteurmoy=c( "p150","p150_300","p300_450","p450"))
pred.gam3_moy=cbind("bassin"=tablestat[as.integer(rownames(pred.gam3_moy)),
  "bassin"],pred.gam3_moy)
write.table(
  predict.gam3_moy ,
  file = paste(getwd(),"/pred.gam3_moy.csv",sep="),
  append = FALSE,
  sep=';',
  col.names = TRUE
)
```

“funformula.r”

fonction pour générer automatiquement des objets scope pour les
procédures stepwise des modèles gam

```
funformula=function(data,facteursqual,facteursquant,reste=c("st_distancemer")) {
  scope=list()
  pos=vector()
  for (j in 1: length(facteursquant)){
    pos[j]=length(data[,facteursquant[j]][data[,facteursquant[j]]<=0])==0  }
    p=(1:length(facteursquant))[pos]
    n=(1:length(facteursquant))[!pos]
  # facteurs positifs, transformation log
  for (j in p){
    if (sum(facteursquant[j]%in%reste)>0){
      scope[as.character(facteursquant[j])]=paste("~-1+",facteursquant[j],"+",
        paste("log(",facteursquant[j],")",sep=""),"+",
        paste("s(",facteursquant[j],")",sep=""))
    } else {
      scope[as.character(facteursquant[j])]=paste("~1+",facteursquant[j],"+",
        paste("log(",facteursquant[j],")",sep=""),"+",
        paste("s(",facteursquant[j],")",sep=""))
    }
  }
  # facteurs négatifs, pas de transformation log
  for (j in n){
    if (sum(facteursquant[j]%in%reste)>0){
      scope[as.character(facteursquant[j])]=paste("~-1+",facteursquant[j],"+",
        paste("s(",facteursquant[j],")",sep=""))
    } else {
      scope[as.character(facteursquant[j])]=paste("~1+",facteursquant[j],"+",
        paste("s(",facteursquant[j],")",sep=""))
    }
  }
  for (j in 1 : (length(facteursqual))){
    # à la suite de l'autre
    if (sum(facteursqual[j]%in%reste)>0){
      scope[as.character(facteursqual[j])]=paste("~-1+",facteursqual[j])
    } else {
      scope[as.character(facteursqual[j])]=paste("~1+",facteursqual[j])
    }
  }
}
```

```

    }
  }
  facteurs=c(facteursquant,facteursqual)
  for (j in 1 : length(scope)){
    scope[[as.character(facteurs[j])]]=as.formula(scope[[as.character(facteurs[j])]])
  }
  return(scope)
}

```

“funformula0.r”

fonction pour générer automatiquement des objets scope pour les
procédures stepwise des modèles gam

```

funformula0=function(facteursquant,facteursqual,variabledep) {
  scope=list()
  dep=list()
  n=(1:length(facteursquant))
  # facteurs positifs, transformation log

  # facteurs négatifs, pas de transformation log
  for (j in n){
    scope[as.character(facteursquant[j])]=paste(
      paste(facteursquant[j],sep=""))
  }
  if (length(facteursqual)>0){
    for (j in 1 : (length(facteursqual))){
      # à la suite de l'autre
      scope[as.character(facteursqual[j])]=paste(facteursqual[j])
    }
  }
  for (j in 1 : (length(variabledep))){
    # à la suite de l'autre
    dep[as.character(variabledep[j])]=paste(variabledep[j])
  }
  formule=dep[[1]]
  if (length(dep)>1){
    formule=paste("cbind(",dep[[1]],sep="")
    for(j in 2: length(dep)) {

      formule=paste(formule,dep[[j]],sep=",")
    }
    formule=paste(formule,"",sep="")
  }

  formule=paste(formule,scope[[1]],sep=" ~ ")
  if (length(scope)>1){
    for(j in 2: length(scope)) {

      formule=paste(formule,scope[[j]],sep=" + ")
    }
  }

  return(as.formula(formule))
  # si plus d'une variable dep => formule pour VGAM
}

```

“funtable.r”

préparation des données

```
funtable<-
function(tablestat,pourgamma=TRUE,deltagamma=TRUE,remplace0parmin=TRUE,seuilNA,facteursqua
nt,facteursqual,varialeddep,coordonnees=c("st_abcisse","st_ordonnee" )){
  tablestat1=funnettoye(tablestat,seuilNA=seuilNA,facteursquant,facteursqual,varialeddep,coordonnees)
# liste x et y #ltablestat$x
  # analyse des corrélations entre variables
#mod<-modele( colnames(ltablestat$x),"ot_effectif")
# sum(ot_effectif>0)/length(ot_effectif)
#library(lattice)
#densityplot(ot_effectif)
if (remplace0parmin){
if (!deltagamma){
  if (pourgamma){
    for (j in 1:length(varialeddep)){
      tablestat1[tablestat1[,varialeddep[j]]>0,]
      cat(paste("nombre de données nulles
(",varialeddep[j],")=",nrow(tablestat1[tablestat1[,varialeddep[j]]==0,]),"\n"))
    }
  } else {
    for (j in 1:length(varialeddep)){
      tablestat1[tablestat1[,varialeddep[j]]>0,varialeddep[j]]=1
    }
  }
} else {
  for (j in 1:length(varialeddep)){
    tablestat1[tablestat1[,varialeddep[j]]==0&!is.na(tablestat1[,varialeddep[j]]),varialeddep[j]]=
min(tablestat1[tablestat1[,varialeddep[j]]>0,varialeddep[j]],na.rm=TRUE)
  }
}
}
cat(paste("nombre de NA virés =",nrow(tablestat1[!complete.cases(tablestat1),]),"\n"))
tablestat1=tablestat1[complete.cases(tablestat1),] # enlève les na
if (length(facteursqual)>0){
  for (j in 1:length(facteursqual)){
    tablestat1[,facteursqual[j]]=as.factor(tablestat1[,facteursqual[j]])
  }
}
return(tablestat1)
}
```

“nettoye.r”

```
funnettoye=function(tablestat,seuilNA=0.3,facteursquant,facteursqual,varialeddep,coordonnees){
  facteurs=c(facteursquant,facteursqual,varialeddep)
  tablestat=tablestat[,colnames(tablestat)%in%c(facteurs,coordonnees) ]
  print(paste("colonnes supprimées
=",paste(colnames(tablestat)[!colnames(tablestat)%in%c(facteurs,coordonnees)],collapse=" ")
))
  for (j in 1:length(varialeddep)){
    tablestat[,varialeddep[j]][is.infinite(tablestat[,varialeddep[j]])]<-NA
  }
  # Garde les colonnes ou il n'y a pas trop de na (< seuilNA)
```

```

vecteurreste=vector(length=ncol(tablestat)) # vecteur logique
cat("pourcentages de NA")
for (j in 1 : ncol(tablestat)){
  cat(paste(colnames(tablestat)[j]),
round(sum(is.na(tablestat[,j]))/nrow(tablestat),2),
"\n"))
  if (sum(is.na(tablestat[,j]))/nrow(tablestat)<seuilNA) vecteurreste[j]=TRUE
}
print(paste("colonnes supprimées =",paste(colnames(tablestat)[!vecteurreste],collapse=" "))
tablestat=tablestat[,vecteurreste]
facteursquant<-colnames(tablestat)[!colnames(tablestat)%in%facteursqual &
!colnames(tablestat)%in%variabledep &
!colnames(tablestat)%in%coordonnees
]
facteursqual<-colnames(tablestat)[!colnames(tablestat)%in%facteursquant &
!colnames(tablestat)%in%variabledep &
! colnames(tablestat)%in%coordonnees
]
variabledep<-colnames(tablestat)[!colnames(tablestat)%in%facteursquant &
!colnames(tablestat)%in%facteursqual&
! colnames(tablestat)%in%coordonnees
]
return(tablestat)
}

```

“fonctions_graphiques.r”

fonctions graphiques et utilitaires

creation d'un objet de la classe points à partir d'un data.frame

retire les lignes qui ont NA dans les coordonnées X et Y

```

CrSpPtsDF<-function(xlabel,ylabel,data){
  xpos=match(xlabel,colnames(data))
  ypos=match(ylabel,colnames(data))
  # on vire les données manquantes pour les coordonnées
  data=data[complete.cases(data[,c(xpos,ypos)]),]
  coord=data[,c(xpos,ypos)]
  data=data[,c(xpos,ypos)]
  spdf=SpatialPointsDataFrame(SpatialPoints(coord),data)
  return(spdf)
}
# spdf=CrSpPtsDF(xlabel="ouv_abcisse",ylabel="ouv_ordonnee",data=barglobal[,c(2,14)])
#

```

Fonction qui modifie un objet SpatialPolygonsDataFrame

pour intégrer de nouvelles colonnes sélectionnées à partir d'un data.frame externe

en fonction d'un identifiant trouvé dans un des colonnes du slot data

du SpatialPolygonsDataFrame

```

mod_SpatialPolygonsDataFrame<-function(SpPDF, # un SpatialPolygonsDataFrame
data, # un dataframe
label_SpPDF, # nom de la colonne contenant l'identifiant
label_data, # nom de la colonne contenant l'identifiant de data
coldata=colnames(data) # vecteur caractere des colonnes à intégrer

```

```

    ){

# slotNames(SpPDF) # pour info -> noms des Slots
df=SpPDF@data # extraction du slot data de l'objet S4 (SpatialPolygonsDataFrame)
if (sum(label_data %in% colnames(df))>0) stop(paste(label_data,"est déjà présent dans SpPDF"))
index=df[,label_SpPDF]%in% data[,label_data]
#Quelles données ont un équivalent dans le data.frame ?
ma=match(df[,label_SpPDF],data[,label_data])[index]
# match des données ayant un équivalent dans le data.frame
df[,coldata]=NA
for (j in 1:length(coldata)){
  df[,coldata[j]][index]= data[,coldata[j]][ma]
}
SpPDF@data<-df
return(SpPDF)
}

# Cette fonction trace un graphique a partir d'un spatialpointdf
# et renvoie des points sur un fond de carte en créant des couleurs
# progressives à partir d'un découpage en classe d'une variable continue
# elle utilise aussi une colonne "nb" pour donner une taille de points différents
plot_SpPtsDF=function(fond,
  donnee,
  colonne,
  couleurs,
  space=c("rgb", "Lab"),
  probs,
  cex=1,
  title,
  text=NULL,
  ...
){
plot(fond)
title(title)
if (! is.null(text)) mtext(text,side=1,cex=0.8,line=2)
mypalette= colorRampPalette(couleurs)
quant=unique(quantile(x=donnee[[colonne]],probs,na.rm=TRUE))
niveaux= cut(donnee[[colonne]],quant)
couleur=mypalette(length(quant))[match(niveaux,levels(as.factor(niveaux)))]
if (! is.null(donnee[["nb"]])){
cex1=cex
cex=2*donnee[["nb"]]/max(donnee[["nb"]])-0.5 +cex
} else cex1=cex
points(donnee,
  donnee[[colonne]],
  col=couleur,
  pch=19,
  cex=cex1
)
legend( x= "bottomleft",
  title=paste("Quantiles",paste(probs,collapse="|")),
  legend= c(levels(niveaux)),
  pch=c(19),
  xjust=0,
  cex=0.8,
  col=c(mypalette(length(quant))),
  horiz=FALSE,

```

```

        bty="n" )
    if (! is.null(donnee[["nb"]])){
    legend(  x= "topleft",
            title=paste("Nb"),
            legend= round(c(min(donnee[["nb"]]),
                             max(donnee[["nb"]])),0),
            pch=c(19),
            col=c("grey", "grey"),
            cex=0.8,
            pt.cex=c(2*min(donnee[["nb"]])/max(donnee[["nb"]])+cex1-0.5,
                    1.5+cex1),
            horiz=FALSE,
            bty="n" )
    }
}

addpoints_SpPtsDF=function(fond,
                           donnee,
                           colonne,
                           couleur,
                           cex=1,
                           label,
                           xlegend= "bottomright",
                           ...
                           ){
  points(donnee,
         donnee[[colonne]],
         col=couleur,
         pch=19,
         cex=cex
  )
  legend(  x= xlegend,
          legend= label,
          pch=c(19),
          xjust=0,
          cex=0.8,
          col=couleur,
          horiz=FALSE,
          bty="n" )
}

# cette fonction extrait les résidus d'un modèle mod appliqué à un dataframedonne
# elle cherche tous les objets ayant un x+y =unique (station)
# calcule les résidus moyens sur les stations et le nombre d'observations
# crée un spatialpointsdataframe et l'affiche à l'aide de la fonction
# plot_SpPtsDF dont elle repasse un certain nombre d'arguments
fn<-function(modele,nb=100){
  if (nchar( modele$formula[3])>nb) {
    mod=paste(modele$formula[2],modele$formula[1],
              substr(modele$formula[3], start=1,stop=nb),"n",
              substr(modele$formula[3], start=nb+1,stop=nchar(modele$formula[3])))

  } else {
    mod=paste(modele$formula[2],modele$formula[1],modele$formula[3])
  }
  return(mod)
}

```

```

fun_graph_spatial_residus=function(vectannee,
                                   xlabel,
                                   ylabel,
                                   mod,
                                   data,
                                   fond,
                                   couleurs,
                                   probs = seq(0, 1, 0.25),
                                   space,
                                   title,
                                   ...){
  data$residus=residuals(mod)
  station=1:length(unique(data[,xlabel]+data[,ylabel]))
  # creation d'identifiants de station uniques, car ils ont été virés du modèle
  index=match(data[,xlabel]+data[,ylabel],
              unique(data[,xlabel]+data[,ylabel]))
  data$station=as.factor(station[index] )
  # concaténation des x, y pour les station
  # et calcul du nombre de stations
  # marche seulement si il n'y a pas deux stations
  # définies comme unique x+y
  #au même x ou même y. Sinon la moyenne renvoyée est peut être fausse...
  x= tapply(data[,xlabel],data$station,mean)
  y= tapply(data[,ylabel],data$station,mean)
  residus=tapply(data$residus,data$station,mean)
  nb= tapply(data$residus,data$station,length)
  newdata=as.data.frame(cbind(x,y,residus,nb))
  colnames(newdata)=c(xlabel,ylabel,colnames(newdata[c(3,4)]))
  # creation d'un spatialpointsdataframe
  spdf=CrSpPtsDF(xlabel,ylabel,data=newdata)
  text=fn(mod,100)
  plot_SpPtsDF(      fond,
                 donnee=spdf, #un objet de classe SpPtsDF
                 colonne="residus", # la colonne qu'on souhaite afficher
                 couleurs,
                 space,          #c("rgb", "Lab")
                 probs,
                 title=title,
                 text,
                 cex=1
                 )
}

#exemple (décommenter pour lancer)
#BV_bre=readShapePoly("BV-Bges-BRETAGNE_region.shp") # class sp
#names(BV_bre)<-c("vue","nom_bassin","surface")
#slotNames(BV_bre)
# names(BV_bre@data)
#bre2=mod_SpatialPolygonsDataFrame (SpPDF=BV_bre, #un SpatialPolygonsDataFrame
#                                   data=barglobal, # un dataframe
#                                   label_SpPDF="nom_bassin", #nom de la colonne contenant l'identifiant
#                                   label_data="ouv_id", # nom de la colone contenant l'identifiant de data
#                                   correspondant au nom contenu dans le spdf
#                                   coldata=c("pred.gam2","expertise"))

```

```

# slotNames(bre2)
# names(bre2@data)
# bre[["densite"]]
# spplot(bre,"densite")

#####
# exploration de la classe S4 et des objets graphes
# ! les methodes ne sont pas définies suivant les standards S4
#####
# class(bre2)
# polybre2=bre2@polygons
# class(polybre2) # => pas facile d'extraire ... voir methodes en dessous

# ID=polybre2@ID
# getSpPPolygonsData(bre)
# LabptSlots=getSpPPolygonsLabptSlots(bre)
# IDSlots=getSpPPolygonsIDSlots(bre)
# getPolygonsIDSlot
# Slots= getSpPpolygonsSlot(bre)
# getPolygonsLabptSlot
# str(bre)
# methods(sp)
# showClass("SpatialPolygons")
# showClass("Spatial") # objet père
# showClass("SpatialPolygonsDataFrame")
# showMethods("SpatialPolygonsDataFrame")
# showMethods("SpatialPolygons")
# showMethods("Spatial")
# getMethods("SpatialPoints")

```

“stat_analyse_notesVGAM.r”

```

library(VGAM)
tablestat$score2=tablestat$score+tablestat$denivele-tablestat$hauteur
tablestat$score4=tablestat$score2-tablestat$diversite
tablestat$bassin=as.factor(tablestat$bassin)
tablestat$distancerelative=(tablestat$st_distancemer)/(tablestat$st_distancemer+tablestat$st_distancesour
ce)
tablestat$op_cd_methodeprospection=as.factor(tablestat$op_cd_methodeprospection)

# construction de variables pour un modèle poissonnien (effectifs)
tablestat1=tablestat
#tablestat1[,c("t150","t150_300","t300_450","t450")]=
# round(tablestat1[,c("t150","t150_300","t300_450","t450")]*tablestat$op_surfaceechantillon)
# Pour utiliser le modèle poissonnien, il faut des nombres et pas des densités, je multiplie par la surface
# et je prends l'arrondi
# transformations des données pour essayer un modèle binomial

tablestat$p150=tablestat[, "150"]/(
tablestat[, "150"]+tablestat[, "150_300"]+tablestat[, "300_450"]+tablestat[, "450"])

tablestat$p150_300=tablestat[, "150_300"]/(
tablestat[, "150"]+tablestat[, "150_300"]+tablestat[, "300_450"]+tablestat[, "450"])

tablestat$p300_450=tablestat[, "300_450"]/(
tablestat[, "150"]+tablestat[, "150_300"]+tablestat[, "300_450"]+tablestat[, "450"])

```

```

tablestat$p450=tablestat[, "450"]/(
tablestat[, "150"]+tablestat[, "150_300"]+tablestat[, "300_450"]+tablestat[, "450"])
tablestat1=tablestat
#rowSums(cbind(tablestat[, "p150"],tablestat[, "p150_300"],tablestat[, "p300_450"],tablestat[, "p450"]),na.rm=TRUE)
# c'est bon des zéros et des uns
source("nettoye.r") # funnettoye utilisé dans funtable
source("funtable.r") # création du tableau de données pour les stat
source("funformula0.R")
facteursquant=c( "annee",
                 "score4",
                 "op_surfaceechantillon",
                 "st_distancemer",
                 "distancerelative",
                 "gradientlongitudinal",
                 "t1",
                 "t2",
                 "log_altitude")
facteursqual=c("op_cd_methodeprospection","op_cd_moyenprospection","bassin")
variabledep=c("p150","p150_300","p300_450","p450")

tablestat1=funtable(tablestat1,
                    replace0parmin=FALSE,
                    pourgamma=NA, #modèle gamma NA si deltagamma=TRUE
                    deltagamma=TRUE,
                    seuilNA=0.5,
                    facteursquant=facteursquant, # facteurs quantitatifs
                    facteursqual=facteursqual , # qualitatifs
                    variabledep=variabledep
                    )
# la formule est passée en fonction d u nombre de variables restant après nettoyage
formule=funformula0(
                    facteursquant=facteursquant,
                    facteursqual=facteursqual , # qualitatifs
                    variabledep=variabledep
                    )
vgam1=vgam(formule,multinomial,tablestat1)

# print(paste("nb de lignes=",nrow(tablestat1)))
# cortablestat=tablestat1[,c(facteursquant,variabledep)]
# cor=symnum(cIS <-cor(cortablestat,use = "complete"))
# print(cor)
# library(lattice)
#
# x11()
# densityplot(tablestat1[,variabledep[1]],xlab=variabledep[1])
# x11()
# densityplot(tablestat1[,variabledep[2]],xlab=variabledep[2])
# x11()
# densityplot(tablestat1[,variabledep[3]],xlab=variabledep[3])
# x11()
# densityplot(tablestat1[,variabledep[4]],xlab=variabledep[4])

x11()
plot(vgam1, se=TRUE,
     which.cf=1:3,
     lcol="blue",

```

```

scol="red",
residuals=TRUE,
one.at.a.time=TRUE)
plot(vgam1)
summary(vgam1)
predict_multi<-predict.vgam(vgam1, type = "response")

#####
#modèle poissonnien
#####
#Ce modèle est différent du précédant il prédit les effectifs en plus de la structure en taille
tablestat[,c("t150","t150_300","t300_450","t450")]=
tablestat[,c("150","150_300","300_450","450")]
tablestat1=tablestat
tablestat1[,c("t150","t150_300","t300_450","t450")]=
round(tablestat1[,c("t150","t150_300","t300_450","t450")]*tablestat$op_surfaceechantillon)
source("nettoye.r") # funnettoye utilisé dans funtable
source("funtable.r") # création du tableau de données pour les stat
source("funformula0.R")
facteursquant=c( "annee",
"score4",
"st_distancemer",
"distancerrelative",
"gradientlongitudinal",
"t1",
"t2",
"log_altitude",
"op_surfaceechantillon")
facteursqual=c("op_cd_methodeprospection","op_cd_moyenprospection","bassin")
variabledep=c("t150","t150_300","t300_450","t450")

tablestat1=funtable(tablestat1,
replace0parmin=FALSE,
pourgamma=NA, #modèle gamma NA si deltagamma=TRUE
deltagamma=TRUE,
seuilNA=0.5,
facteursquant=facteursquant, # facteurs quantitatifs
facteursqual=facteursqual , # qualitatifs
variabledep=variabledep
)
# la formule est passée en fonction du nombre de variables restant après nettoyage
formule=funformula0(
facteursquant=facteursquant,
facteursqual=facteursqual , # qualitatifs
variabledep=variabledep
)
formule=as.formula(
cbind(t150, t150_300, t300_450, t450) ~ s(annee) +
s(st_distancemer) + s(log_altitude) + s(gradientlongitudinal) + s(t1) +
s(t2) + s(score4) + s(distancerrelative) + op_cd_methodeprospection +
op_cd_moyenprospection + bassin + op_surfaceechantillon)

print(paste("nb de lignes=",nrow(tablestat1)))
vgam1=vgam(formule,family=quasipoissonff,tablestat1)
x11()
plot(vgam1, se=TRUE,
which.cf=1:4,

```

```

lcol="blue",
scol="red",
residuals=TRUE,
one.at.a.time=TRUE)
#le plot ne marche pas ... a cause des NA ?
coef(vgam1) # voir les NA
plot(vgam1)
summary(vgam1)
predict_poisson<-predict.vgam(vgam1, type = "response")

```

“réintégration des données.r”

```

#lancement du main jusu'à la ligne 45
load("gam3_notebrut.Rdata") # chargement de l'environnement de travail pour récupérer tablestat
ls() # on voit tous les objets en mémoire

# ajout du st_codecsp
predict_multi=cbind("st_codecsp"=tablestat[as.integer(rownames(predict_multi)),
"st_codecsp"],predict_multi)
predict_poisson=cbind("st_codecsp"=tablestat[as.integer(rownames(predict_poisson)),
"st_codecsp"],predict_poisson)

source("funcalculemoyenne.r")

#####
# Calcul la moyenne sur les stations pour le modèle multinomial
#####
predict_multi_moy=funcalculemoyenne(data=predict_multi,label="st_codecsp",
vecteurmoy=c("p150","p150_300","p300_450","p450"))

# Ajout du bassin et de la surface échantillonnée
predict_multi_moy=cbind("op_surfaceechantillon"=tablestat[as.integer(rownames(predict_multi_moy)),
"op_surfaceechantillon"],predict_multi_moy)
predict_multi_moy=cbind("bassin"=tablestat[as.integer(rownames(predict_multi_moy)),
"bassin"],predict_multi_moy)

write.table(
  predict_multi_moy ,
  file = paste(getwd(),"/predict_multi_moy.csv",sep="),
  append = FALSE,
  sep=';',
  col.names = TRUE
)

#####
# Calcul la moyenne sur les stations pour le modèle multinomial
#####
predict_poisson_moy=funcalculemoyenne(data=predict_poisson,label="st_codecsp",
vecteurmoy=c("t150","t150_300","t300_450","t450"))

predict_poisson_moy=cbind("op_surfaceechantillon"=tablestat[as.integer(rownames(predict_poisson_moy)),
"op_surfaceechantillon"],predict_poisson_moy)
predict_poisson_moy=cbind("bassin"=tablestat[as.integer(rownames(predict_poisson_moy)),
"bassin"],predict_poisson_moy)

write.table(

```

```

predict_poisson_moy ,
file = paste(getwd(), "/predict_poisson_moy.csv", sep=""),
append = FALSE,
sep=';',
col.names = TRUE
)

```

“funcalculemoyenne.r”

```

funcalculemoyenne=function(data,
                             label,
                             vecteurmoy){
  store=as.data.frame(matrix(data=NA,nrow=length(unique(data[,label])),ncol=length(vecteurmoy)+2))
  colnames(store)=c(label,"nb",vecteurmoy)
  for (j in vecteurmoy){
    store[,j]=tapply(data[,j],data[,label],mean)
  }
  store[,label]= rownames(tapply(data[,j],data[,label],mean))
  store[, "nb"]=tapply(data[,j],data[,label],length)
  colnames(store)=c(label,"nb",paste("mean_",vecteurmoy,sep=""))
  return(store)
}

```

“listouvouv.r”

```

choix=tk_select.list(c("oui","non"),preselect="non",multiple=FALSE
                    ,title="veux-tu faire le calcul des ouvrages ?")
if (choix=="oui"){
  sql=paste("select * from t_ouvrage_ouv ")
  barglobal=fn_sql_0(sql,baseODBC="postgres",uid="postgres",pwd="postgres")[[1]]
  if (class(barglobal)!="data.frame") stop("problème au chargement de la table ouvrage")
  sql=paste("select * from v_ouv_fba")
  notesglobal=fn_sql_0(sql,baseODBC="postgres",uid="postgres",pwd="postgres")[[1]]
  choix=tk_select.list(c("oui","non"),preselect="non",multiple=FALSE
                      ,title="passage a des notes positives ?")
  if (choix=="oui") {
    source("funmodifnoteglobal.r")
    notesglobal=fumodifnoteglobal(notesglobal)
  }
  if (class(notesglobal)!="data.frame") stop("problème au chargement de la vue v_ouv_fba")
  sql=paste("select * from v_ouv_nao")
  suprglobal=fn_sql_0(sql,baseODBC="postgres",uid="postgres",pwd="postgres")[[1]]
  if (class(suprglobal)!="data.frame") stop("problème au chargement de la vue v_ouv_nao")
  sql=paste("select * from v_ouv_den")
  denglobal=fn_sql_0(sql,baseODBC="postgres",uid="postgres",pwd="postgres")[[1]]
  if (class(denglobal)!="data.frame") stop("problème au chargement de la vue v_ouv_den")
  sql=paste("select * from v_ouv_passe")
  passeglobal=fn_sql_0(sql,baseODBC="postgres",uid="postgres",pwd="postgres")[[1]]
  if (class(passeglobal)!="data.frame") stop("problème au chargement de la vue v_ouv_passe")
  # fonctions de recherche des barrage et de création de la table des notes
  source("funrecherchebar.R")
  source("fntablenote.r")
  source("funouvouv.R")
  listouvouv=funouvouv(barglobal,notesglobal,denglobal,suprglobal)
  choixsauv=c("oui","non")
  choixsauv=tk_select.list(choixsauv,preselect="non",multiple=FALSE,

```

```

title="voulez vous sauvegarder la liste listouvouv")
if (choixsauv=="oui"){
  newpath<-file.path(getwd(),paste("listouvouv",strftime(as.POSIXlt(Sys.time()),"%d-%B"),
".Rdata",sep=""))
  fileName<-savefile(path=newpath)
  save(listouvouv,file=fileName)
}
} else {
  sql=paste("select * from t_ouvrage_ouv ")
  barglobal=fn_sql_0(sql,baseODBC="postgres",uid="postgres",pwd="postgres")[[1]]
  fichiercharge="listouvouv09-juillet.Rdata"
  fileName=loadfile(path=fichiercharge)
  load(file=fileName)
}
source("funsumnotebar.R")

# calcul des vecteurs de sommes des notes à partir de listouvpeche
listouvouv=funsumnotebar(listouvouv,
  den_lineaire=den_lineaire, # TRUE = pas de transformation suivant la classification de Pierre
  Ninf=3.632, # param de la relation <1.5
  k=1.136, # param de la relation <1.5
  hlin=1.5, # param de la relation >1.
  passe=TRUE) # TRUE les barrages avec passe sont ignorés
source("funtablestatbar.R")
barglobal=funtablestatbar(listouvouv,
  tablestat=barglobal,
  estime=FALSE, # remplace les densites par les densites estimées attention mélange les
deux
  selectNA=list("denivele"=0.6, # % de NA tolérés
    "profil"=0.9,
    "rugosite"=0.9,
    "berge"=0.9,
    "diversite"=0.9)
  )
source ("indice_milieu_bar.r")

```

“funmdifnoteglobal.r”

```

fumodifnoteglobal=function(noteglobal){
  vecteur=c("BERGE",
    "DIVERSITE",
    "PROFIL",
    "RUGOSITE")
  vecteurchange=c(0.5,1,1,1)
  for ( i in 1:4){
    notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote==vecteur[i]]=
    notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote==vecteur[i]]+vecteurchange[i]
  }
  ouv=notesglobal$souv_id
  for (i in 1: nrow(notesglobal)){
    progress(i,nrow(notesglobal))
    selectouv=notesglobal$souv_id==notesglobal$souv_id[i]
    notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote=="SCORE" & selectouv]=
    max(notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote=="BERGE" & selectouv],0)+

```

```

max(notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote=="DIVERSITE"&selectouv],0)+
max(notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote=="PROFIL"&selectouv],0)+
max(notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote=="RUGOSITE"&selectouv],0)+
max(notesglobal$fba_valeurnote[notesglobal$fba_tyn_typenote=="HAUTEUR"&selectouv],0)
# je passe par le max car il y a des numeric(0) qui foutent la merde
}
return(notesglobal)
}

```

“funouvouv.r”

```

funouvouv<-function(barglobal,notesglobal,denglobal,suprglobal){
# déclaration des variables

listouvouv=list()
anneecourante=data.frame("OP_DATEDEBUT"=
strptime(paste(strftime(trunc(Sys.time(), "day"),"%Y"),"/01/01",sep="),"%Y/%m/%d"),
"OP_DATEFIN"=
paste(strftime(trunc(Sys.time(), "day"),"%Y"),"-12-31",sep="))
# num=1
#for (num in 1:22){ # pour test
for (num in 1:dim(barglobal)[1]){
progress(num,dim(barglobal)[1])
bar=barglobal[num,]
#cat(paste ("ligne",num,as.character(bar$souv_id)))
#cat("\n")
#=====
# remplissage de la première ligne du tableau tablenote
#=====
tablenote<-as.data.frame(matrix(data=NA,nrow=1,ncol=10))
colnames(tablenote)=c("efface","denivele","hauteur", "profil", "rugosite",
"berge","diversite","score","expertise","passe")
tablenote<-fntablenote(ouv_id=as.character(bar$souv_id),tablenote,notesglobal,suprglobal,denglobal,
pechecourante=anneecourante)
rownames(tablenote)=bar$souv_id
tablenotefinal<-tablenote
vecteurouvrage=as.character(bar$souv_id)
#=====
# RECHERCHE EN BOUCLE DES BARRAGES AVAL ET REMPLISSAGE DU TABLEAU DES
NOTES
#=====
compteur=0

while(as.character(bar$souv_baraval)!="MER"){
#progress(compteur)
compteur=compteur+1
#cat(paste(compteur," "))
#cat("\n")
if (compteur>50){
warnings(paste(bar$souv_baraval,"les barrages aval revoient en boucle, vérifie barrages aval"))
bar$souv_baraval="MER" #sortie de la boucle
} else if (sum(as.character(barglobal$souv_id)==as.character(bar$souv_baraval))==0) {
warnings(paste(vecteurouvrage[compteur],"problème pour trouver le barrage aval suivant, vérifier ds
base"))
bar$souv_baraval="MER" #sortie de la boucle
}
if (compteur<=50 & sum(as.character(barglobal$souv_id)==as.character(bar$souv_baraval))!=0) {

```

```

bar=barglobal[as.character(barglobal$ouv_id)==as.character(bar$ouv_baraval),]

#recuperation de l'ouvrage aval
vecteurouvrage=c(vecteurouvrage,as.character(bar$ouv_id))
# cree le vecteur des ouvrages en aval de la station
tablenote[,]=NA
#réinitialise le vecteur
tablenote<-fntablenote(as.character(bar$ouv_id),
                      tablenote,
                      notesglobal,
                      suprglobal,
                      denglobal,
                      pechecourante=anneecourante)
# ecrit les données correspondant au nouveau barrage dans tablenote
rownames(tablenote)=bar$ouv_id
tablenotefinal=rbind(tablenotefinal,tablenote)
}
}
listouv=list("ouv_id"=c(vecteurouvrage,"MER"),"tablenote"=tablenotefinal)
listouvouv[as.character(barglobal[num,"ouv_id"])] =list(listouv)
}
return(listouvouv)
}

```

“funsumnotebar.r”

#Version de funsumnotes adaptées aux barrages

```

funsumnotebar<-function(listouvouv,den_lineaire=TRUE,Ninf=3.632,k=1.136,hlin=1.5,passe=TRUE){
  for (i in 1: length(listouvouv)){
    #cat(i)
    tableau=listouvouv[[as.character(barglobal$ouv_id[i])]][["tablenote"]]
    if (is.data.frame(tableau)){
      # recherche des NA
      vecteurNA=colSums(is.na(tableau))
      # traitement des barrages effacés
      tableau$efface[is.na(tableau$efface)]=FALSE
      denivefface=tableau$denivele[tableau$efface]
      if (sum(denivefface[denivefface>0],na.rm=TRUE)>0) {
        warnings(paste("le denivelé des barrages effacés devrait être nul, barrages ",
                      rownames(tableau[
                        index(tableau$efface & tableau$denivele>0 & !is.na(tableau$denivele)),]))
      }
      tableau$denivele[tableau$efface]=0
      # vecteur de réindexation (on vire les ouvrages de hauteur nulle)
      reindex=tableau$denivele!=0 & !is.na(tableau$denivele)
      tableau<-tableau[reindex,]
      if (passe) {
        tableau=tableau[!tableau$passe,]
      }
      # transformation des notes
      if (!den_lineaire) {
        den<-tableau$denivele[tableau$denivele<=1.5 & !is.na(tableau$denivele)]
        den=Ninf*(1-exp(-k*den))
        tableau$denivele[tableau$denivele<=1.5 & !is.na(tableau$denivele)]<-den
        den<-tableau$denivele[tableau$denivele>1.5 & !is.na(tableau$denivele)]
        den=den+hlin
      }
    }
  }
}

```

```

    tableau$denivele[tableau$denivele>1.5 & !is.na(tableau$denivele)]<-den
  }
  # somme des notes
  vec=colSums(tableau,na.rm=TRUE)
} else {
  vec=NA
  vecteurNA=NA
}
listouvouv[[i]][["vecteurNA"]]=vecteurNA
listouvouv[[i]][["vecteurnote"]]=vec
}
return(listouvouv)
}

```

“funtablestatbar.r”

```

funtablestatbar=function(listouvouv,tablestat=barglobal,estime=FALSE,
                          selectNA=list("denivele"=0.2,
                                         "profil"=0.2,
                                         "rugosite"=0.8,
                                         "berge"=1,
                                         "diversite"=0.8)
                          ){
  #remplace par les effectifs CARLE ET STRUBBE

```

```

  noms=c("efface","denivele","hauteur","profil","rugosite","berge","diversite","score","expertise","passe")
  cat(paste("calcul des notes cumulées","\n"))
  for (i in 1:nrow(tablestat)){

    progress(i,nrow(tablestat))
    vecteurNA=listouvouv[[as.character(tablestat$ouv_id[i])]][["vecteurNA"]]/
    (length(listouvouv[[as.character(tablestat$ouv_id[i])]][["ouv_id"]])-1 )
    vecteurnote=listouvouv[[as.character(tablestat$ouv_id[i])]][["vecteurnote"]]
    if (length(vecteurnote)!=1){ # si c'est NA c'est 1
      test=TRUE
      for (j in 1:length(selectNA)){
        if (vecteurNA[names(selectNA[j])]>selectNA[j]){
          warnings(paste("operation", tablestat$ouv_id[i],
                        "Nombre de NA pour", names(selectNA[j]),"(",vecteurNA[names(selectNA[j])],")",
                        " > seuil (" ,selectNA[j],")" ))
          test=FALSE #si un seul remplit le critère
        }
      }
      if (test){

        for (j in noms) {
          tablestat[i,j]=listouvouv[[as.character(tablestat$ouv_id[i])]][["vecteurnote"]][j]
        }
      }
    }
  }
  return(tablestat)
}

```

“indicemilieu_bar.r”

```

temp=read.table("T.csv", header = TRUE, sep = ";", quote="\"", dec="." ,stringsAsFactors=FALSE)
barglobal$st_altitude=NA
barglobal$souv_abcisse[barglobal$souv_abcisse==0]=NA
barglobal$souv_ordonnee[barglobal$souv_ordonnee==0]=NA
barglobal$souv_sbv[barglobal$souv_sbv==0]=NA
print(paste("réintégration des températures et altitudes","\n"))
for (j in 1:nrow(barglobal)){
  progress(j,nrow(barglobal))
  if (!is.na(barglobal$souv_abcisse[j])){
    choix=temp$Xmin_LAMBERT <=barglobal$souv_abcisse[j] &
      temp$Xmax_LAMBERT>barglobal$souv_abcisse[j] &
      temp$Ymin_LAMBERT<=barglobal$souv_ordonnee[j] &
      temp$Ymax_LAMBERT>barglobal$souv_ordonnee[j]
    if (sum(choix)==1){
      barglobal$tmoy01[j]= temp[choix,"TMOY01"]
      barglobal$tmoy07[j]= temp[choix,"TMOY07"]
      if (is.na(barglobal$st_altitude[j])) {
        barglobal$st_altitude[j]=temp[choix,"ALT_M"]
      }
    }
  }
}

barglobal$gradientlongitudinal=3.015-0.347*log(barglobal$souv_sbv)-
0.543*log(barglobal$souv_distancesource)
barglobal$t1=barglobal$tmoy07+barglobal$tmoy01
barglobal$t1[(barglobal$t1)< min(tablestat1$t1)]= min(tablestat1$t1)
barglobal$t1[(barglobal$t1)> max(tablestat1$t1)]= max(tablestat1$t1)
barglobal$t2=barglobal$tmoy07-barglobal$tmoy01
barglobal$t2[(barglobal$t2)< min(tablestat1$t2)]= min(tablestat1$t2)
barglobal$t2[(barglobal$t2)> max(tablestat1$t2)]= max(tablestat1$t2)
barglobal$log_altitude=(log(barglobal$st_altitude))
barglobal$log_altitude[is.infinite(barglobal$log_altitude)]=min(tablestat1$log_altitude)
barglobal$log_altitude[(barglobal$log_altitude)> max(tablestat1$log_altitude)]=
max(tablestat1$log_altitude)
barglobal$annee=2004
barglobal$op_cd_methodeprospection="complète"
barglobal$op_cd_methodeprospection=as.factor(barglobal$op_cd_methodeprospection)
levels(barglobal$op_cd_methodeprospection)<-levels(as.factor(tablestat1$op_cd_methodeprospection))
barglobal$op_cd_moyenprospection="A pied"
barglobal$op_cd_moyenprospection=as.factor(barglobal$op_cd_moyenprospection)
levels(barglobal$op_cd_moyenprospection)<-levels(as.factor(tablestat1$op_cd_moyenprospection))
barglobal$bassin=substr(barglobal$souv_codegenerique,1,2)
barglobal$bassin[barglobal$bassin=="J-"|barglobal$bassin=="J8"|barglobal$bassin=="J9"]="J7"

source("utilitaires.r")
barglobal=chnames(objet=barglobal,
  old_variable_name=c("ouv_distancemareedyn"),
  new_variable_name=c("st_distancemer"))
#remplacement du nom de la variable à l'aide de l'utilitaire

barglobal$op_cd_methodeprospection=as.factor(barglobal$op_cd_methodeprospection)

```

```
niveaux=unique(barglobal$bassin)[unique(barglobal$bassin)%in% gam3$xlevels$bassin]
# noms de bassins correspondant à ceux utilisés dans le modèle
barglobal$bassin[!barglobal$bassin%in% niveaux]=NA
barglobal$bassin=as.factor(barglobal$bassin)
barglobal$distancerelative=(barglobal$st_distancemer)/
  (barglobal$st_distancemer+barglobal$souv_distancesource)
barglobal$score2=barglobal$score+barglobal$denivele-barglobal$hauteur
barglobal$score4=barglobal$score-barglobal$diversite
```

“utilitaire.r”

```
#Cette fonction remplace les noms des variables dans un data.frame
chnames=function(objet,
  old_variable_name,
  new_variable_name){
  colnames(objet)[colnames(objet)%in%old_variable_name]<-
    new_variable_name
  return(objet)
}
```

“listouvsansbar.r”

```
sql=paste("select * from t_bvsansbar_bv ")
bvglobal=fn_sql_0(sql,baseODBC="postgres",uid="postgres",pwd="postgres")[[1]]
if (class(bvglobal)!="data.frame") stop("problème au chargement de la table ouvrage")
# bv_id, bv_codegenerique, bv_distancesource, bv_distancemer, bv_distancemareedyn, bv_sbv,
bv_abcisse, bv_ordonnee
colnames(bvglobal)=c("ouv_id",
  "ouv_codegenerique",
  "ouv_distancesource",
  "ouv_distancemer",
  "ouv_distancemareedyn",
  "ouv_sbv",
  "ouv_rinom",
  "ouv_abcisse",
  "ouv_ordonnee",
  "ouv_commentaires")

bvglobal[,c("efface","denivele","hauteur","profil","rugosite","berge","diversite","score","expertise","pass
e")]=NA
bvglobal$denivele=0
source ("indice_milieu_sansbar.r")
```

“indicemilieu_sansbar.r”

```
temp=read.table("T.csv", header = TRUE, sep = ";", quote="\"", dec=".",stringsAsFactors=FALSE)
bvglobal$st_altitude=NA
bvglobal$souv_abcisse[bvglobal$souv_abcisse==0]=NA
bvglobal$souv_ordonnee[bvglobal$souv_ordonnee==0]=NA
bvglobal$souv_sbv[bvglobal$souv_sbv==0]=NA
print(paste("réintégration des températures et altitudes","\n"))
for (j in 1:nrow(bvglobal)){
  progress(j,nrow(bvglobal))
  if (!is.na(bvglobal$souv_abcisse[j])){
    choix=temp$Xmin_LAMBERT <=bvglobal$souv_abcisse[j] &
      temp$Xmax_LAMBERT>bvglobal$souv_abcisse[j] &
```

```

    temp$Ymin_LAMBERT<=bvglobal$ouv_ordonnee[j] &
    temp$Ymax_LAMBERT>bvglobal$ouv_ordonnee[j]
  if (sum(choix)==1){
    bvglobal$moy01[j]= temp[choix,"TMOY01"]
    bvglobal$moy07[j]= temp[choix,"TMOY07"]
    if (is.na(bvglobal$st_altitude[j])) {
      bvglobal$st_altitude[j]=temp[choix,"ALT_M"]
    }
  }
}
}
}

bvglobal$gradientlongitudinal=3.015-0.347*log(bvglobal$ouv_sbv)-
0.543*log(bvglobal$ouv_distancesource)
bvglobal$t1=bvglobal$moy07+bvglobal$moy01
bvglobal$t1[(bvglobal$t1)< min(tablestat1$t1)]= min(tablestat1$t1)
bvglobal$t1[(bvglobal$t1)> max(tablestat1$t1)]= max(tablestat1$t1)
bvglobal$t2=bvglobal$moy07-bvglobal$moy01
bvglobal$t2[(bvglobal$t2)< min(tablestat1$t2)]= min(tablestat1$t2)
bvglobal$t2[(bvglobal$t2)> max(tablestat1$t2)]= max(tablestat1$t2)
bvglobal$log_altitude=(log(bvglobal$st_altitude))
bvglobal$log_altitude[is.infinite(bvglobal$log_altitude)]=min(tablestat1$log_altitude)
bvglobal$log_altitude[(bvglobal$log_altitude)> max(tablestat1$log_altitude)]=
max(tablestat1$log_altitude)
bvglobal$annee=2004
bvglobal$op_cd_methodeprospection="complète"
bvglobal$op_cd_methodeprospection=as.factor(bvglobal$op_cd_methodeprospection)
levels(bvglobal$op_cd_methodeprospection)<-levels(as.factor(tablestat1$op_cd_methodeprospection))
bvglobal$op_cd_moyenprospection="A pied"
bvglobal$op_cd_moyenprospection=as.factor(bvglobal$op_cd_moyenprospection)
levels(bvglobal$op_cd_moyenprospection)<-levels(as.factor(tablestat1$op_cd_moyenprospection))
bvglobal$bassin=substr(bvglobal$ouv_codegenerique,1,2)
bvglobal$bassin[bvglobal$bassin=="J-"]bvglobal$bassin=="J8"]bvglobal$bassin=="J9"]="J7"

source("utilitaires.r")
bvglobal=chnames(objet=bvglobal,
  old_variable_name=c("ouv_distancemareedyn"),
  new_variable_name=c("st_distancemer"))
#remplacement du nom de la variable à l'aide de l'utilitaire

bvglobal$op_cd_methodeprospection=as.factor(bvglobal$op_cd_methodeprospection)
niveaux=unique(bvglobal$bassin)[unique(bvglobal$bassin)%in% gam3$xlevels$bassin]
# noms de bassins correspondant à ceux utilisés dans le modèle
bvglobal$bassin[!bvglobal$bassin%in% niveaux]=NA
bvglobal$bassin=as.factor(bvglobal$bassin)
bvglobal$distancerelative=(bvglobal$st_distancemer)/
  (bvglobal$st_distancemer+bvglobal$ouv_distancesource)
bvglobal$score2=0
bvglobal$score4=0

```

“stat_predict_barrage.r”

```

#####
## Importation des shape files
#####
library(sp)

```

```

library(maptools)
BV_bre=readShapePoly("BV-Bges-BRETAGNE_region.shp") # class sp
barrages=readShapePoints("Obstacles_BRETAGNE_VILAINNE_point.shp")
contour_bre=readShapePoly("Contour_Bretagne_region.shp")
CE_contour_simplifie=readShapePoly("Reseau_hydro_simp_region.shp")

source("fonctions_graphiques.r")

# essais de couleurs pour le paramètre region de lattice
library(lattice)

trellis.par.set(set = FALSE, regions = list(col = bpy.colors(n =100,
                                cutoff.tails=0.1,
                                alpha=1)))
# j'utilise rev pour inverser la séquence
x11()
show.settings()
#names(trellis.par.get())
#YlOrBr <- c("#FFFFD4", "#FED98E", "#FE9929", "#D95F0E", "#993404")
#ramp=colorRampPalette(YlOrBr, space = "Lab") # une fonction
### space="Lab" helps when colors don't form a natural sequence
#
#
#couleurs=ramp(100)
#trellis.par.set(set = FALSE, regions =
#      list(col =rev(couleurs) ))
#x11()
#show.settings()
## matlab
#ramp=colorRampPalette(c("#00007F", "blue", "#007FFF", "cyan",
#      "#7FFF7F", "yellow", "#FF7F00", "red", "#7F0000"))
#couleurs=ramp(100)
#trellis.par.set(set = FALSE, regions =
#      list(col =couleurs) ))
#x11()
#show.settings()
#display.brewer.all()
#ramp=colorRampPalette(brewer.pal(9, "Reds"))
#couleurs=rev(ramp(100))
#trellis.par.set(set = FALSE, regions =
#      list(col =couleurs) ))
#x11()
#show.settings()

# fonction pour tracer les résidus d'une régression sur une carte

# Cette fonction trace un graphique a partir d'un spatialpointdf
# et renvoie des points sur un fond de carte en créant des couleurs
# progressives à partir d'un découpage en classe d'une variable continue
spdf=CrSpPtsDF(xlabel="ouv_abscisse",ylabel="ouv_ordonnee",data=barglobal)
x11(14,10)
plot_SpPtsDF(      fond=CE_contour_simplifie,
                  donnee=spdf, #un objet de classe SpPtsDF
                  colonne="score", # la colonne qu'on souhaite afficher
                  couleurs=c("steelblue", "red"),
                  space="Lab",      #c("rgb", "Lab")
                  probs=seq(0, 1, 0.1),

```

```

    cex=0.5 ,
    title="Notes cumulées des ouvrages",
    text=NULL
  )

barglobalNA=barglobal[is.na(barglobal$score),]
spdfNA=CrSpPtsDF(xlabel="ouv_abcisse",ylabel="ouv_ordonnee",data=barglobalNA)
addpoints_SpPtsDF( donnee=spdfNA,
  colonne="score",
  couleur=c("grey"),
  cex=0.3,
  label="non renseigné",
  xlegend="topright"
)

sql=paste("select * from v_ouv_passe")
passeglobal=fn_sql_0(sql,baseODBC="postgres",uid="postgres",pwd="postgres")[[1]]
if (class(passeglobal)!="data.frame") stop("problème au chargement de la vue v_ouv_passe")
spdfpasse=CrSpPtsDF(xlabel="ouv_abcisse",ylabel="ouv_ordonnee",data=passeglobal)

# addpoints trace un objet (sans couleur ou forme en fonction d'une variable continue)
# en fonction d'un x et y
addpoints_SpPtsDF( donnee=spdfpasse,
  colonne="fba_valeurnote",
  couleur=c("springgreen"),
  cex=0.2,
  label="passe ou effacé"
)

# pour localiser les bv côtiers sans barrages
spdfsansbar=CrSpPtsDF(xlabel="ouv_abcisse",ylabel="ouv_ordonnee",data=bvglobal)
addpoints_SpPtsDF( donnee=spdfsansbar,
  colonne="st_altitude", # peu importe le nom
  couleur=c("pink"),
  cex=0.2,
  label="sans barrages",
  xlegend="topleft"
)

# calcul des conditions pristines et rendu sur un graphe
source("fun_calcul_pristine.R ")
# prédictions sur les données de barrage
barglobal$pred2004=fun_calcul_pristine(data=barglobal,
  annee=2004,
  mod=gam3,
  pristineenv=FALSE)
barglobal$pred2004p=fun_calcul_pristine(data=barglobal,
  annee=2004,
  mod=gam3,
  pristineenv=TRUE)
barglobal$pred1980=fun_calcul_pristine(data=barglobal,
  annee=1987,
  mod=gam3,
  pristineenv=FALSE)
barglobal$pred1980p=fun_calcul_pristine(data=barglobal,
  annee=1987,
  mod=gam3,
  pristineenv=TRUE)

```

```

BV_bre1=mod_SpatialPolygonsDataFrame(SpPDF=BV_bre, # un SpatialPolygonsDataFrame
                                     data=barglobal, # un dataframe
                                     label_SpPDF="BGE_AVAL", # nom de la colonne contenant l'identifiant
                                     label_data="ouv_id", # nom de la colonne contenant l'identifiant de data
                                     coldata=c("pred2004","pred2004p","pred1980","pred1980p") # vecteur
                                     caracter des colonnes à intégrer
                                     )

source("utilitaires.r")
# je change le noms de pred.gam2 et de la variable x11(20,14)
BV_bre1@data=chnames(objet=BV_bre1@data,
                     old_variable_name=c("pred2004","pred2004p","pred1980","pred1980p"),
                     new_variable_name=c("prédictions_2004",
                     "prédictions_2004_sans_barrages",
                     "prédictions_1980",
                     "prédictions_1980_sans_barrages"))

x11(20,15)
summary(BV_bre1)
#r1 72510.24 355487.6
#r2 2267489.16 2445433.3
N2004=round(sum(BV_bre1@data$prédictions_2004*BV_bre1@data$S_EAU,na.rm=TRUE))
N2004ss=round(sum(BV_bre1@data$prédictions_2004_sans_barrages*BV_bre1@data$S_EAU,na.rm=
TRUE))
N1980=round(sum(BV_bre1@data$prédictions_1980*BV_bre1@data$S_EAU,na.rm=TRUE))
N1980ss=round(sum(BV_bre1@data$prédictions_1980_sans_barrages*BV_bre1@data$S_EAU,na.rm=
TRUE))
l1 = list("sp.text", c(150000,2300000), paste("N=",N2004),which = 1)
l2 = list("sp.text", c(150000,2300000), paste("N=",N2004ss),which = 2)
l3 = list("sp.text", c(150000,2300000), paste("N=",N1980),which = 3)
l4 = list("sp.text", c(150500,2300000), paste("N=",N1980ss),which = 4)
x11(20,15)
spplot(BV_bre1,
       c("prédictions_2004",
       "prédictions_2004_sans_barrages",
       "prédictions_1980",
       "prédictions_1980_sans_barrages"),
       sp.layout=list(l1,l2,l3,l4))

#####
# prédictions sur les données de barrage et sans barrages
#####
bargloaletbv=barglobal[,colnames(barglobal)%in%colnames(bvglobal)]
bargloaletbv=rbind(bargloaletbv,bvglobal)
bargloaletbv=bargloaletbv[!is.na(bargloaletbv$bassin),]
source("fun_calcul_pristine.R ")
bargloaletbv$pred2004=fun_calcul_pristine(data=bargloaletbv,
                                     annee=2004,
                                     mod=gam3,
                                     pristineenv=FALSE)
bargloaletbv$pred2004p=fun_calcul_pristine(data=bargloaletbv,
                                     annee=2004,
                                     mod=gam3,
                                     pristineenv=TRUE)
bargloaletbv$pred1980=fun_calcul_pristine(data=bargloaletbv,
                                     annee=1980,
                                     mod=gam3,
                                     pristineenv=FALSE)

```

```

barglobletbv$pred1980p=fun_calcul_pristine(data=barglobletbv,
      annee=1980,
      mod=gam3,
      pristineenv=TRUE)
write.table(
  barglobletbv ,
  file = paste(getwd(), "/barglobletbv.csv", sep=""),
  append = FALSE,
  sep=';',
  col.names = TRUE
)
#####
# Calcul des densités moyennes
#####
dens_moy_1980p=mean(barglobletbv$pred1980p,na.rm=TRUE)
dens_moy_1980=mean(barglobletbv$pred1980,na.rm=TRUE)
dens_moy_2004p=mean(barglobletbv$pred2004p,na.rm=TRUE)
dens_moy_2004=mean(barglobletbv$pred2004,na.rm=TRUE)
predict_bassin_moy=funcalculemoyenne(data=barglobletbv,
  label="bassin",
  vecteurmoy=c( "pred1980p","pred1980","pred2004p","pred2004"))

BV_bre1=mod_SpatialPolygonsDataFrame(SpPDF=BV_bre, # un SpatialPolygonsDataFrame
      data=barglobletbv, # un dataframe
      label_SpPDF="BGE_AVAL", # nom de la colonne contenant l'identifiant
      label_data="ouv_id", # nom de la colonne contenant l'identifiant de data
      coldata=c("pred2004","pred2004p","pred1980","pred1980p") # vecteur
      caracter des colonnes à intégrer
    )

source("utilitaires.r")
# je change le noms de pred.gam2 et de la variable x11(20,14)
BV_bre1@data=chnames(objet=BV_bre1@data,
  old_variable_name=c("pred2004","pred2004p","pred1980","pred1980p"),
  new_variable_name=c("prédictions_2004",
    "prédictions_2004_sans_barrages",
    "prédictions_1980",
    "prédictions_1980_sans_barrages"))

x11(20,15)
summary(BV_bre1)
#predict_density=cbind("bassin"=barglobletbv[as.integer(rownames(BV_bre1@data)),
  "bassin"],BV_bre1@data)
write.table(
  BV_bre1@data ,
  file = paste(getwd(), "/s_eau.csv", sep=""),
  append = FALSE,
  sep=';',
  col.names = TRUE
)

#r1 72510.24 355487.6
#r2 2267489.16 2445433.3
N2004=round(sum(BV_bre1@data$prédictions_2004*BV_bre1@data$S_EAU,na.rm=TRUE))
N2004ss=round(sum(BV_bre1@data$prédictions_2004_sans_barrages*BV_bre1@data$S_EAU,na.rm=
  TRUE))

```

```

N1980=round(sum(BV_bre1@data$prédictions_1980*BV_bre1@data$S_EAU,na.rm=TRUE))
N1980ss=round(sum(BV_bre1@data$prédictions_1980_sans_barrages*BV_bre1@data$S_EAU,na.rm=
TRUE))
l1 = list("sp.text", c(150000,2300000), paste("N=",N2004),which = 1)
l2 = list("sp.text", c(150000,2300000), paste("N=",N2004ss),which = 2)
l3 = list("sp.text", c(150000,2300000), paste("N=",N1980),which = 3)
l4 = list("sp.text", c(150500,2300000), paste("N=",N1980ss),which = 4)
library(lattice)
x11()
show.settings()
library(sp) # te permet d'avoir la fonction et bpy.colors() qui donne en effet de belles variation (cette
fonction n'est pas documentée)
library(lattice)
trellis.par.set(set = FALSE, regions = list(col = bpy.colors(n =100,
                                cutoff.tails=0.1,
                                alpha=1)))

x11()
show.settings()
# dans region tu vois maintenant des couleurs
x11(20,15)
spplot(BV_bre1,
       c("prédictions_2004",
         "prédictions_2004_sans_barrages",
         "prédictions_1980",
         "prédictions_1980_sans_barrages"),
       sp.layout=list(l1,l2,l3,l4),
       at=c(seq(0,0.1,0.01),seq(0.2,1,0.1),seq(2,3,0.5)))

# Y en a t'il beaucoup qui montent jusqu'à 12 (si on ne change pas l'échelle) ?
# mais qui donc est le plus grand
bargloaletbv[bargloaletbv$pred1980p==max(bargloaletbv$pred1980p,na.rm=TRUE)&
!is.na(bargloaletbv$pred1980p),]
x11()
boxplot(pred1980p~bassin,data=bargloaletbv,log="y",xlab="Bassins",
ylab="Densités prédites en conditions pristines (1980, sans obstacles)")

# bargloaletbv$souv_id[is.na(bargloaletbv$pred1980p)]
lesna=bargloaletbv[is.na(bargloaletbv$pred1980p),]
edit(lesna)

# je change le noms de pred.gam2 et de la variable manquante
spplot(sp.df,c("log_altitude","pred.gam2"),
       sp.layout=list(l2,l3),
       y.space=list(x=0.1,y=.95,corner=c(0,1)))

x11()
l2 = list("SpatialPolygonsRescale", layout.north.arrow(), offset = c(181400,329800),
scale = 1000)
l3 = list("SpatialPolygonsRescale", layout.scale.bar(), offset = c(180500,329800),
scale = 500, fill=c("transparent","black"))
spplot(meuse, c("ffreq"), sp.layout=list(l2,l3,l4,l5),col.regions="black",pch=c(1,2,3),
key.space=list(x=0.1,y=.95,corner=c(0,1)))
l2 = list("SpatialPolygonsRescale", layout.north.arrow(), offset = c(400000,2310000),
scale = 50000,which=1)
l3 = list("SpatialPolygonsRescale", layout.scale.bar(), offset = c(400000,2310000),
scale = 50000, fill=c("transparent","black"))

```

```

x11()
sp1=spplot(sp.df2,c("pred.gam3"),
  sp.layout=list(l2,l3),
  y.space=list(x=0.1,y=.95,corner=c(0,1)),add=TRUE )
sp2=spplot(bre,"densite",add=TRUE)
print(sp1,more=TRUE)
print(sp2)

```

```

#description des données
plot(spdf)
bbox(spdf)
dimensions(spdf)
summary(spdf)
class(spdf)
names(spdf@data)

```

“fun_calcul_pristine.r”

```

# fonction qui retourne un vecteur de prédictions
fun_calcul_pristine=function(data=barglobal,annee,mod,pristineenv=TRUE){
if (pristineenv) data$score2[!is.na(data$score2)]=0
#if (pristineenv) data$score3[!is.na(data$score3)]=0
if (pristineenv) data$score4[!is.na(data$score4)]=0
data$annee=annee
data$pred=predict(mod,type="response",newdata=data)
return(data$pred)
}

```

“ggplot_pSPR.r”

```

seq=seq(0,60,0.1)
l=length(seq)
tablestat2=as.data.frame(matrix(nrow=l,ncol=ncol(tablestat1)))
colnames(tablestat2)=colnames(tablestat1)
for (j in 1:ncol(tablestat2)){
tablestat2[,j]=tablestat1[,j] }
tablestat2$bassin[1]="J7"
tablestat2$gradientlongitudinal[1]=0
tablestat2$log_altitude[1]=2
tablestat2$distancerelative[1]=0.5

tablestat2$score4=seq
d=predict(gam3,type="response",newdata=tablestat2)
tablestat2$score4=0
d0=predict(gam3,type="response",newdata=tablestat2)

pSPR=d/d0
pSPR=as.data.frame(cbind("pSPR"=pSPR,"Score4"=seq))

pSPR[, "label"] = ""
coupe=c(0,seq(0.1,1,0.1))
pSPR$cut=cut(pSPR$pSPR, breaks=coupe, labels = NULL,
  include.lowest = FALSE)
# j=1
for (j in 1:length(levels(pSPR$cut))){

```

```

#cat(j)
i=levels(pSPR$cut)[j]
pSPR[pSPR$pSPR==max(pSPR[pSPR$cut==i,"pSPR"]), "label"]=
paste("%SPR=",coupe[j+1],", Score<",
floor(pSPR[pSPR$pSPR==max(pSPR[pSPR$cut==i,"pSPR"]), "Score4"]),
sep="")
}

p<-ggplot(pSPR,aesthetics=list(y=pSPR,x=Score4))
ggopt(grid.fill = "grey50",
axis.colour="grey30")
p1<-ggjitter(p, list(colour=pSPR))

p2<-ggtext(p1, aesthetics=list(
x=Score4+20,#x position (required)
y=pSPR,#:y position (required)
label=label,
rotation=0,#:angle, in degrees, of text label
colour=pSPR))

p3=scgradient(p2,midpoint=0.6,high="green",mid="yellow",low="red")
print(p3)

sql=paste("select * from v_ouv_den")
denglobal=fn_sql_0(sql,baseODBC="postgres",uid="postgres",pwd="postgres")[[1]]
if (class(denglobal)!="data.frame") stop("problème au chargement de la vue v_ouv_den")
# valeur médiane de la hauteur des barrages
median(denglobal$den_denivele,na.rm=TRUE)
median_denivele_bar=tapply(denglobal$den_denivele,factor(denglobal$ouv_bassin),median,na.rm=TRUE)
write.table(
median_denivele_bar ,
file = paste(getwd(),"/median_denivele_bar.csv",sep="),
append = FALSE,
sep=';',
col.names = TRUE
)
nbassins=tapply(denglobal$den_denivele,factor(denglobal$ouv_bassin),length)
write.table(
nbassins ,
file = paste(getwd(),"/nbassin.csv",sep="),
append = FALSE,
sep=';',
col.names = TRUE
)
denglobal$nb=nbassins[match(denglobal$ouv_bassin,names(nbassins))]

# un box plot ds hauteurs de barrages en fonction des bassins
p<-ggplot(denglobal, aesthetics=list(x=den_denivele,y=factor(ouv_bassin)),weight=nb)
ggboxplot(p,fill="orange", colour="black",xlabel="Dénivelés",ylabel="Bassins")

```

“stat_essais.r”

```

#####
# Modèle binomial selon méthode glm (présence/abs)
#####
mod=modele(colnames(tablestat2)[-1],"ot_effectif")

```

```

glmaic2=glmaic(mod,data=tablestat2,family=binomial(link = "logit"))
print(glmaic2,2)
plot(glmaic2)
meilleurmod=glmaic2$modele[as.numeric(glmaic2$aic)%in%min(as.numeric(glmaic2$aic))]

glm3=glm(formula=as.formula(paste("ot_effectif~",meilleurmod)),data=tablestat2,family=binomial(link
= "logit"))
summary(glm3)
plot(glm3)
cr.plots(glm3, ask=FALSE) # component residual

# 13 valeurs nulles sur 468 => Pas besoin de modèle delta

#####
# Méthode Laurent BEAULATON "effet.r" - Recherche du meilleur AIC
#####
# Méthode GLM - Modèle GAMMA
source("effet.R")
mod=modele(colnames(tablestat1)[-1],"ot_effectif")
glmaic1=glmaic(mod,data=tablestat1,family=Gamma(link="log"))
print(glmaic1,2)
plot(glmaic1)
meilleurmod=glmaic1$modele[as.numeric(glmaic1$aic)%in%min(as.numeric(glmaic1$aic))]
glm1=glm(formula=paste("ot_effectif~",meilleurmod),data=tablestat1,family=Gamma(link="log"))
summary(glm1)
plot(glm1)
cr.plots(glm1, ask=FALSE) # component residual
AIC(glm1)

# Méthode GAM - Modèle GAMMA
require(gam)
mod=modele(c( "s(annee)","op_cd_methodeprospection","st_penteign","s(tmoy07)",
"s(denivele)","s(profil)","s(rugosite)","s(berge)","s(diversite)","ot_effectif")
gamaic1=gamaic(mod,data=tablestat1,family=Gamma(link="log"))
print(gamaic1,2)
plot(gamaic1)
meilleurmod=gamaic1$modele[as.numeric(gamaic1$aic)%in%min(as.numeric(gamaic1$aic))]
gam1=gam(formula=as.formula(paste("ot_effectif~",meilleurmod)),data=tablestat1,family=Gamma(link=
"log"))
summary(gam1)

x11()
mat <- matrix(1:9,3,3)
layout(mat)
plot(preplot.gam(gam1))

# Modèle delta - Méthode GLM
mod=modele(colnames(tablestat2)[-1],"ot_effectif")
glmaic2=glmaic(mod,data=tablestat2,family=binomial(link = "logit"))
print(glmaic2,2)
plot(glmaic2)
meilleurmod=glmaic2$modele[as.numeric(glmaic2$aic)%in%min(as.numeric(glmaic2$aic))]
glm3=glm(formula=paste("ot_effectif~",meilleurmod),data=tablestat2,family=binomial(link = "logit"))
summary(glm3)
plot(glm3)
cr.plots(glm3, ask=FALSE) # component residual

```

```
#####
# Procédure stepwise
#####
# Modèle Gamma - Méthode GAM
tablestat3$bassin=as.factor(tablestat3$bassin)
require(gam)

termss= paste(" + s(",paste("annee",
"denivele",
"profil",
"rugosite",
"berge",
"diversite",
"st_distancemer",
sep="") + s("),")",sep="")

mod=as.formula(paste("ot_effectif~op_cd_methodeprospection+bassin",termss))

gam1=gam(mod,data=tablestat3,family=Gamma(link="log"),na=na.gam.replace)
gam2=step.gam(gam1,scope=scope, direction="both",trace=TRUE)

summary(gam1)
x11()
mat=matrix(1:6,3,2)
layout(mat)
plot.gam(gam1, residuals=TRUE,rugplot=TRUE,se=TRUE,scale=0,ask=TRUE)
pred.gam1=predict(gam1,type="response")
x11()
plot(tablestat3$ot_effectif,pred.gam1)
cor.test(tablestat1$ot_effectif,pred.gam1,method="pearson")

# Modèle Gamma - Méthode GLM
glm2=step(glm(formula=paste("ot_effectif~",paste(colnames(ltablestat$x),collapse="+")),
, data=tablestat1,family=Gamma(link="log")))

# Modèle Delta (Binomial)
glm4=step(glm(formula=paste("ot_effectif~",paste(colnames(tablestat2)[-1],collapse="+")),
, data=tablestat2,family=binomial(link = "logit")))
summary(glm4)
cr.plots(glm4, ask=FALSE)

source("funstatBMAbinomial.R")
bic.glm.out=funstatBMAbinomial(ltablestat)
summary(bic.glm.out,digits=2)
plot(bic.glm.out)
imageplot.bma(bic.glm.out)

plot(subtablestat$st_distancesource,subtablestat$ot_effectif)
plot(subtablestat$denivele,subtablestat$ot_effectif)
boxplot(subtablestat$ot_effectif~factor(subtablestat$op_cd_objectifpeche))
library(lattice)
densityplot(log(subtablestat$ot_effectif+1))
index=tablestat$op_cd_objectifpeche==860&tablestat$op_cd_methodeprospection==845
subtablestat<-subset(tablestat,subset=index)
```

“funstatBMA.r”

pour tester les modèles bayésien, renvoie les x et y

```
funstatBMA<-function(subtablestat){
x.dens<- subtablestat[,c("op_cd_objectifpeche",
      "op_cd_methodeprospection",
      "op_cs_profmoyen",
      "st_penteign",
      "st_sbv",
      "annee",
      "tmoy07",
      "st_distancesource",
      "st_altitude",
      "denivele",
      "profil",
      "rugosite",
      "berge",
      "diversite" )]
funtoto<-function(toto){
toto=factor(toto)
return(toto)
}
funtoto(x.dens$op_cd_objectifpeche)
funtoto(x.dens$op_cd_methodeprospection)
funtoto(x.dens$op_cd_objectifpeche)
funtoto(x.dens$annee)
y.dens= subtablestat$ot_effectif
dens.bicreg<-bicreg(x.dens,y.dens)
}
```

“funstatBMAbinomial.r”

pour tester les modèles bayésien, renvoie les x et y pour un modèle binomial

remplace les valeurs de présence par 1

et 0 par absence

```
funstatBMAbinomial<-function(ltablestat){
x.dens<-ltablestat$x
y.dens= ltablestat$y
y.dens= y.dens$ot_effectif
y.dens[y.dens>0]=1
bic.glm.out<- bic.glm(x=x.dens, y=y.dens, glm.family="binomial", factor.type=FALSE,
      verbose = TRUE,dispersion=FALSE,occam.window=TRUE )
return(bic.glm.out)
}
```

“recrutvilaine.r”

```
#sort(unique(tablestat$annee))
recrutvilaine=read.table("recr_fluvial_vilaine.csv",sep=";",header=TRUE,)
recrutvilaine=as.data.frame(recrutvilaine)
tablestat$recr=NA
tablestat$recr[tablestat$bassin=="J7"]=
recrutvilaine$recr[match(tablestat$annee,recrutvilaine$annee)][tablestat$bassin=="J7"]
#recrutvilaine$recr= smooth(recrutvilaine$recr)
```

“pred_annevilaine.r”

```

tablestat$anneeVilaine=tablestat$annee
tablestat$anneeBretagne=tablestat$annee
tablestat$anneeVilaine[tablestat$bassin!="J7"]=0
tablestat$anneeBretagne[tablestat$bassin=="J7"]=0
tablestat$bassin=as.factor(tablestat$bassin)
tablestat$op_cd_methodeprospection=as.factor(tablestat$op_cd_methodeprospection)
tablestat$op_cd_moyenprospection=as.factor(tablestat$op_cd_moyenprospection)
tablestat$score[tablestat$score<0]=0
tablestat$score4=tablestat$score+tablestat$denivele-tablestat$hauteur-tablestat$diversite
tablestat$distancerelative=(tablestat$st_distancemer)/(tablestat$st_distancemer+tablestat$st_distancesour
ce)
tablestat1<-tablestat
source("nettoye.r") # funnettoye utilisé dans funtable
source("funtable.r") # création du tableau de données pour les stat
source("funformula0.R")
facteursquant=c( "anneeBretagne",
                 "anneeVilaine",
                 "score4",
                 "st_distancemer",
                 "distancerelative",
                 "gradientlongitudinal",
                 "t1",
                 "t2",
                 "log_altitude")
facteursqual=c("op_cd_methodeprospection","op_cd_moyenprospection","bassin")
variabledep="ot_effectif"
formule=funformula0(
    facteursquant=facteursquant, # facteurs quantitatifs
    facteursqual=facteursqual, # qualitatifs
    variabledep=variabledep
)
tablestat1=funtable(tablestat1,
    pourgamma=TRUE, #modèle gamma NA si deltagamma=TRUE
    deltagamma=FALSE,
    seuilNA=0.7,
    facteursquant=facteursquant, # facteurs quantitatifs
    facteursqual=facteursqual, # qualitatifs
    variabledep=variabledep,
    coordonnees=c("st_abcisse","st_ordonnee" )
)
tablestat1$anneeVilaine[tablestat1$anneeVilaine==0]=NA
tablestat1$anneeBretagne[tablestat1$anneeBretagne==0]=NA

gam3=gam(formula = ot_effectif ~ s(anneeVilaine,10) + s(anneeBretagne)
+ s(t2) + s(t1) + s(log_altitude) + s(score4) + s(st_distancemer)
+ s(gradientlongitudinal) + s(distancerelative)
+ bassin + op_cd_methodeprospection + op_cd_moyenprospection,data=tablestat1,
    family=Gamma(link="log"),na.action=na.gam.replace)
x11()
mat=matrix(1:6,3,2)
layout(mat)
plot.gam(gam3, residuals=TRUE,rugplot=TRUE,se=TRUE,scale=0,ask=TRUE)

tablestat2=tablestat1

```

```

tablestat2=subset(tablestat2,c(rep(TRUE,length(1978:2005)),rep(FALSE,nrow(tablestat2)-
length(1978:2005)))) )
#tablestat2$bool_annee[1]=FALSE
tablestat2$anneeBretagne[1]=2005 #mean(tablestat1$anneeBretagne,na.rm=TRUE)
tablestat2$bassin[1]="J7"
for (j in 1:ncol(tablestat2)){
tablestat2[,j]=tablestat2[1,j] }
tablestat2$anneeVilaine=1978:2005

tablestat2$pred.gam3=predict.gam(gam3,type="response",newdata=tablestat2)
x11()
plot(1978:2005,tablestat2$pred.gam3,xlab="Années",ylab="Recrutement fluvial" )
source("recrutvilaine.R")
plot(recrutvilaine,xlab="Années",ylab="Recrutement fluvial")

ts0=ts(data = tablestat2$pred.gam3, start = 1978, end = 2005)
ts1=ts( data = recrutvilaine$recr, start = 1978, end = 2005)
X11()
layout(matrix(1:2,2,1))
plot(ts0,xlab="Années",ylab="Prédiction du recrutement fluvial")
plot(ts1,xlab="Années",ylab="Recrutement fluvial réel")

ccf(tablestat2$pred.gam3, recrutvilaine$annee,ylab="Corrélation entre le recrutement fluvial et les
densités
prédites",xlab="Unité de temps",main="")
# On a des corrélations négatives, ça e veut rien dire
cor(tablestat2$pred.gam3, recrutvilaine$annee) # -0.5644797

cor(tablestat2$pred.gam3[2:length(tablestat2$pred.gam3)],
recrutvilaine$annee[1:(length(tablestat2$pred.gam3)-1)]) # -0.5507427

cor(tablestat2$pred.gam3[1:length(tablestat2$pred.gam3)-1],
recrutvilaine$annee[2:(length(tablestat2$pred.gam3))]) # -0.5199897

```

“statistiquepourrapportfinal.r”

```

length(unique(tablestat$st_codecsp)) #374 stations de pêche
length(unique(tablestat$op_numero)) #1186 stations de pêche
length(unique(tablestat$bassin))
tablebassin<- read.table(
"tablebassin.csv",header=TRUE,sep=";",
quote="\"",dec=".",fill=TRUE,as.is=TRUE)
hydro=tablebassin$code_hydro
stopifnot( nrow(tablestat)== nrow(t_densite2$EH_CODEGENERIQUE))
# pour vérifier
# récupération des noms de bassin, attention il enmanque
tablestat1$codegeneriques=as.character(t_densite2[as.integer(rownames(tablestat1)),
"EH_CODEGENERIQUE"])
index=tablestat1$codegeneriques%in%hydro
tablestat1[index,"nombassin"]=
tablebassin$nom_bassin[match(tablestat1$codegeneriques,hydro)[index] ]
unique(tablestat1$nombassin)
length(unique(tablestat1$nombassin))
# 13 bassins : SEE,AULNE,HORN,DOUFFINE,RIEUX,ARGUENON,COUESNON,BLAVET,
#ELLE,SCORFF,LEGUER,LOC'H,VILAINE
# réintégration de st_codecsp dans tablestat1
tablestat1$st_codecsp=tablestat[as.integer(rownames(tablestat1)),

```

```

      "st_codecsp"]
tablestat1$op_cd_objectifpeche=tablestat[as.integer(rownames(tablestat1)),
      "op_cd_objectifpeche"]
tablestat1$nombassin[is.na( tablestat1$nombassin)]= "VIL AINE"
tablestat1$nombassin=factor(tablestat1$nombassin)
tablestat1$op_cd_objectifpeche=factor(tablestat1$op_cd_objectifpeche)
tablestat1$count=1
stations_objectif<-xtabs(count~op_cd_objectifpeche+nombassin ,data=tablestat1)
stations_bassin<-xtabs(count~st_codecsp+nombassin ,data=tablestat1)
write.table(
  stations_bassin ,
  file = paste(getwd(),"/stations_bassin.csv",sep="),
  append = FALSE,
  sep=';',
  col.names = TRUE
)
write.table(
  tablestat1 ,
  file = paste(getwd(),"/tablestat1.csv",sep="),
  append = FALSE,
  sep=';',
  col.names = TRUE
)
# combien de barrages utilisés pour le calcul de l'accès aux stations
tablestat1$op_numero=tablestat[as.integer(rownames(tablestat1)),
      "op_numero"]
vect=""
for (j in 1:nrow(tablestat1)){
  vect=c(vect,listouvpech[[as.character(tablestat1$op_numero[j])]]$ouv_id)
}
# vecteur de tous les ouvrages parcourus
vect=vect[vect!="MER"]
length(vect) # 9200 obstacles
length(unique(vect)) #523

```

“rang_strahler.r”

```

library(lattice)
library(gam)
library(car)

# Chargement du fichier .csv
wd=c("Y:/Publications/Statbarrages/2007","E:/Mes Documents/Stage 2007 IAV CSP/2- Requêtes")
nomswd=c("cedric","gaelle")
twd=data.frame(cbind(wd,nomswd))
wd=tk_select.list(as.character(twd$nomswd),preselect=NULL,multiple=FALSE
      ,title="ordi")
setwd(as.character(twd$wd[nomswd==wd]))
rang=read.table(file="relat_largeur_strahler.csv",
      header=TRUE,sep=";",stringsAsFactors=FALSE)

# Recherche des variables de températures et d'altitude
temp=read.table("T.csv", header = TRUE, sep = ";", quote="\"", dec="." ,stringsAsFactors=FALSE)
for (j in 1:nrow(rang)){
  if (!is.null(rang$ABSCISSE[j])){
    choix=temp$Xmin_LAMBERT <=rang$ABSCISSE[j] &
      temp$Xmax_LAMBERT>rang$ABSCISSE[j] &

```

```

    temp$Ymin_LAMBERT<=rang$ORDONNE[j] &
    temp$Ymax_LAMBERT>rang$ORDONNE[j]
  if (sum(choix)==1){
    rang$TMOY01[j]= temp[choix,"TMOY01"]
    rang$TMOY07[j]= temp[choix,"TMOY07"]
    rang$ST_ALTITUDE[j]=temp[choix,"ALT_M"]
  }
}
}
# Analyse des données
corrang<-symnum(cIS <-cor(rang,use = "complete"))
print(corrang)
summary(rang)

#####
#####
# Méthode Gam avec les variables quantatives : dist_source, surface_bv, ordre_strahler et altitude
#####
#####
ga=gam(LARGEUR~s(ST_ALTITUDE)+s(ORDRESTRAHLER)+s(DIST_SOURCE)+s(SURFACE_B
V),data=rang)

# Résultats
summary(ga)
print(summary(ga))
gam.step <- stepAIC(ga, trace = TRUE)
x11()
mat=matrix(c(1:4),2,2)
layout(mat)
plot( gam.step)
pred=predict(gam.step,rang,type="response")
cor.test(pred,rang$LARGEUR,method="pearson")
plot(pred,rang$LARGEUR )

#####
# Relation largeur lame d'eau et rang de Strahler
#####
boxplot(rang$LARGEUR~rang$ORDRESTRAHLER,xlab="Rang de Strahler",ylab="Largeur de la lame
d'eau (m)")
densityplot(rang$LARGEUR)

# Relation entre le rang de strahler et les largeurs de lame d'eau avec un glm
rang=rang[rang$LARGEUR>0,] # on, vire les outliers
glm1=glm(LARGEUR~as.factor(ORDRESTRAHLER),data=rang,family = Gamma(link=log))

#Degrees of Freedom: 506 Total (i.e. Null); 501 Residual
#Null Deviance: 283.9
#Residual Deviance: 175.3
#AIC: 2535

# Calcul des intervalles de confiance
confint(glm1)
# 2.5 % 97.5 %
#(Intercept)1.1817954 1.8544461
#2 -0.5971288 0.1785908
#3 -0.4162849 0.3052383

```

```

#4 0.1792827 0.9116824
#5 0.5910704 1.4258276
#6 1.1440592 2.8975045
# Pour faire apparaître les largeurs de CE en fonction du rang (résultat)
coeff=glm1$coefficients
coeff=c(coeff[1],(coeff[2:5]+coeff[1]))
names(coeff)=paste("rang",1:5)
coeff=round(exp(coeff),2)

#Analyse des résultats
x11()
mat=matrix(1:6,3,2)
layout(mat)
plot(glm1)
pred=predict(glm1,rang,type="response")
cor.test(pred,rang$LARGEUR,method="pearson")
rdeux=1-sum((rang$LARGEUR-pred)^2,na.rm=TRUE)/sum((rang$LARGEUR-
mean(rang$LARGEUR))^2,na.rm=TRUE)

```

ANNEXE VIII

Descripteurs synthétiques du milieu à l'échelle locale (OBERDORFF et al 2002)

Conditions thermiques (T1, T2) :

Deux facteurs climatiques ont été utilisés. Il s'agit de la température (de l'air) moyenne de juillet et de la température moyenne de janvier. Les données sont issues de l'Atlas de France (Comité National de Géographie, 1936-1958), et réactualisées d'après GARNIER (1994) et les données de la météorologie Nationale (Météo France, période 1951-1993). Par la suite, deux variables, composées afin d'être indépendantes, ont été prises en compte dans les modèles :

$$\begin{aligned} T1 &= T_{juillet} + T_{janvier} \\ T2 &= T_{juillet} - T_{janvier} \end{aligned}$$

Altitude (ALT) :

L'altitude a été introduite dans le modèle sous la forme :

$$A = \log(ALT)$$

Gradient longitudinal (G) :

Nous avons utilisé la distance à la source (DIS) et la superficie du bassin versant drainé (SBV) comme variables synthétiques reflétant la position de la station dans le gradient longitudinal. Une analyse en Composantes Principales (ACP) a été utilisée afin d'éliminer la colinéarité entre les deux variables. Le premier axe de l'ACP a finalement été retenu comme variable indépendante décrivant la position de la station dans le gradient longitudinal. Cette variable est de la forme :

$$G = 3.015 - 0.347 \times \log(SBV_{km^2}) - 0.543 \times \log(DIS_{km})$$

ANNEXE IX

Cartographie des densités et des effectifs observés et prédits par classes de taille selon le modèle multinomial et quasipoisson

