



I.I.B.S.N.

Institution Interdépartementale du
bassin de la Sèvre Niortaise



Animation de la Commission
Locale de l'Eau du SAGE du
bassin de la rivière Vendée

LES PLANS D'EAU DU BASSIN DE LA VENDEE : INVENTAIRE, CARACTERISTIQUES ET IMPACTS SUR L'HYDROLOGIE

Maître de stage :

Laure THEUNISSEN, animatrice du SAGE Vendée

Référent universitaire :

Véronique DURAND et Christelle MARLIN

Mathieu GUILLOTEAU
M2 Environnement, spécialité Hydrogéologie,
hydrologie et sols
Université Paris sud 11, Orsay 2013

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Laure THEUNISSEN pour le temps qu'elle m'a consacré et pour ses nombreux conseils et orientations tout au long du stage.

Un grand merci également à Maude THOLLY pour son aide précieuse et sa disponibilité.

Je souhaite aussi présenter mes remerciements à la Commission Locale de l'Eau du SAGE Vendée qui a permis le déroulement de cette étude, et aux membres du comité de suivi du stage pour leur participation et les discussions constructives qu'ils ont générées.

Je remercie de plus l'Université Paris sud 11 pour la prise en charge des analyses dont j'ai eu besoin, et plus particulièrement Aurélie NORET qui s'est chargée de ces analyses, et Laurent BERGONZINI qui m'a fourni de nombreux conseils sur certains points du stage.

Enfin, merci à toute l'équipe de l'IIBSN pour son accueil et sa bonne humeur générale.

J'en profite pour remercier mes parents et ma sœur qui sont toujours là pour moi et que je ne remercierai jamais assez.

Résumé

Dans un contexte tourné essentiellement vers l'agriculture et classé Zone de Répartition des Eaux, les nombreux plans d'eau situés sur le bassin de la rivière Vendée constituent un enjeu majeur au niveau quantitatif, accentué par la perspective de la mise en place d'une étude sur les volumes prélevables.

Leurs impacts cumulés sur l'hydrologie d'un point de vue quantitatif restent peu connus et difficilement quantifiables.

Afin de palier à ce manque de connaissances, cette étude a donc été lancée sur l'initiative de la Commission Locale de l'Eau du SAGE de la rivière Vendée afin de répondre à différents objectifs : améliorer la connaissance sur les plans d'eau, structurer les données qui les caractérisent, et étudier leurs impacts sur la quantité.

Les démarches d'enquête ont permis une caractérisation plus fine de différents aspects des plans d'eau, et la création d'une base de données fonctionnelle et exhaustive. En revanche, les objectifs concernant les impacts ont été revus à la baisse, pour se limiter finalement à une focalisation sur la définition de la capacité volumique des plans d'eau et leurs modes d'alimentation.

Abstract

In a background of agriculture and water allocation area, the numerous water bodies localized on the *Vendée* river's basin form a real issue to be investigated, accentuated by the prospect of a study on the useable volumes.

Cumulative impacts on the hydrology from a quantitative point of view, remains not well known and hard to quantify.

So, to overwise the knowledge above this thematic, the Local Water Commission decided to engage a study, following several goals : firstly to describe precisely a water body, then to modernize the data banking and then, study their impacts on the amount of water.

The process of investigation gave us a better characterization of water bodies, and a complete and functional database has been created. However, the study of the impacts finally became limited to the water bodies' volume capacities, and their supply's manner, two major points about quantity.

Sommaire

Liste des sigles	6
Liste des tableaux	6
Liste des cartes	7
Liste des figures	7
Introduction.....	8
I. Contexte de l'étude et introduction aux plans d'eau	9
A. Les plans d'eau : un enjeu important pour la reconquête de la qualité des milieux et la quantité	9
1. Qu'est-ce qu'un plan d'eau ?	9
2. Les enjeux autour des plans d'eau	9
3. Les principaux éléments et caractéristiques des plans d'eau	10
B. Une réglementation européenne et française prenant en compte cette problématique	11
1. Cadre réglementaire européen et français	11
2. Les documents de planification de la gestion de l'eau à l'échelle du bassin versant	13
3. Le SDAGE Loire-Bretagne et le SAGE Vendée.....	14
C. Le territoire d'étude : le SAGE de la rivière Vendée	14
1. Contexte général	15
2. Les ressources en eau	15
3. Explication de l'enjeu quantitatif actuel à l'échelle du SAGE.....	16
II. Matériel et méthodes.....	18
A. Structure d'accueil et objectifs de l'étude	18
1. Structure d'accueil	18
2. La Commission Locale de l'Eau du SAGE de la rivière Vendée et le comité de suivi	19
3. Les objectifs de l'étude.....	19
B. Actualisation de l'inventaire et caractérisation des plans d'eau	20
1. Etat des lieux de la connaissance sur le territoire du SAGE de la rivière Vendée	20
2. Démarche d'enquête.....	22
d. Les entretiens semi-directifs	23
e. Le travail de terrain	24
C. Conceptualisation et création d'une base de données	25
1. Choix de la méthode	25
2. Conceptualisation et création	25
D. Les impacts des plans d'eau sur l'hydrologie	26
1. Etude bathymétrique	26

2.	Les modes d'alimentation et la connexion au réseau hydrographique	27
3.	Etude isotopique	28
III.	Résultats et limites	30
A.	La base de données répondant aux attentes	30
1.	Le dictionnaire de données	30
2.	Le modèle conceptuel de données	31
3.	Résultat	32
B.	Actualisation de l'inventaire des plans d'eau et leur caractérisation	32
1.	Mise à jour à l'échelle du bassin-versant de la rivière Vendée	32
2.	Une démarche d'enquête nécessaire, intéressante, mais couteuse en temps.....	36
C.	Statistiques sur les caractéristiques générales des plans d'eau	38
1.	Quelques chiffres sur les plans d'eau à l'échelle du SAGE	38
2.	Confrontation avec les dispositions du SDAGE	39
3.	Les usages des plans d'eau sur le bassin de la Vendée	43
D.	Premières analyses des caractéristiques liées à la quantité	44
1.	La connexion au réseau hydrographique	44
2.	Les modes d'alimentation des plans d'eau	47
3.	Analyse des isotopes stables de l'eau	49
4.	La capacité volumique des plans d'eau sur le SAGE Vendée	54
	Conclusion	64
	Bibliographie	65
	Annexes	68

Liste des sigles

Sigle	Titre
AELB	Agence de l'Eau Loire-Bretagne
BCAE	Bonnes conditions agricoles et environnementales
BD Carthage	Base de Données sur la CARTographie THématique des AGences de l'Eau
BRGM	Bureau de Recherche Géologique et Minière
CLE	Commission Locale de l'Eau
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DDTM	Direction départementale des territoires
DREAL	direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
EPMP	Etablissement Public du Marais poitevin
IGN	Institut Géographique National
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
IRSTEA	Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture
LEMA	loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques
MCD	modèle conceptuel des données
MERISE	Méthode d'étude et de réalisation informatique pour les systèmes d'entreprise
ONEMA	Office national de l'eau et des milieux aquatiques
SAGE	Schéma d'aménagement et de gestion des eaux
SANDRE	Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau
SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
SDIS	Service Départemental d'Incendie et de Secours
SIG	système d'information géographique
SMIDAP	Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche en Pays de la Loire
SYRAH	Système Relationnel d'Audit de l'hydromorphologie des <i>cours d'eau</i>

Liste des tableaux

Tableau 1	Schémas représentant les différentes situations des plans d'eau par rapport au réseau hydrographique.....	11
Tableau 2	Résultats des recouvrements d'inventaire des plans d'eau	33
Tableau 3	Indices de réalisation de la démarche d'enquête sur les sous-bassins sélectionnés	37
Tableau 4	Caractéristiques des bassins versants.....	41
Tableau 5	Rapports isotopiques et paramètres physico-chimiques des eaux échantillonnées	50
Tableau 6	Capacité volumique obtenue via Surfer en changeant le nombre de points de mesures	57
Tableau 7	Données existantes sur la profondeur maximale des plans d'eau.....	57
Tableau 8	Estimations de la capacité des plans d'eau par les acteurs et/ou la Police de l'Eau, et via la bathymétrie	58
Tableau 9	Moyenne des profondeurs maximales enregistrées pour chaque gamme de surface.....	61

Liste des cartes

Carte 1	Présentation du périmètre du SAGE de la rivière Vendée	14
Carte 2	Géologie simplifiée à l'échelle du SAGE.....	15
Carte 3	Localisation des sous bassin sélectionnés	23
Carte 4	Présentation du réseau hydrographique.....	27
Carte 5	Résultats de l'actualisation de l'inventaire sur la commune de Pissotte ...	34
Carte 6	Résultats de l'actualisation de l'inventaire sur la commune de Foussais-Payré	35
Carte 7	Sous-bassins versants étudiés et sous-bassins versants abandonnés	36
Carte 8	Nombre de plans d'eau par km ² sur le territoire du SAGE Vendée (≥ à 1 000 m ²)	40
Carte 9	Bassins-versants du SAGE Vendée (découpe de la BD Carthage®).....	41
Carte 10	Densité surfacique par sous-sous bassins versants	42
Carte 11	Situation des plans d'eau par rapport au réseau hydrographique.....	45
Carte 12	Localisation des points d'échantillonnage et géologie du site d'étude... 50	

Liste des figures

Figure 1	Organigramme fonctionnel de l'IIBSN Source: IIBSN.	19
Figure 2	Représentation schématique de la base de données liée à la couche SIG contenant la géométrie des plans d'eau	32
Figure 3	Surface cumulée et nombre de plans d'eau par gamme de surface.....	39
Figure 4	Nombre de plan d'eau (≥ à 1 000 m ²) par maille de 1 km ²	40
Figure 5	Les usages des plans d'eau sur le bassin de la Vendée	43
Figure 6	Exemples des différents types de connexion des plans d'eau au réseau hydrographique, observés sur SIG	44
Figure 7	Pourcentage des plans d'eau par mode de connexion en termes de nombre (gauche) et de superficie (droite)	46
Figure 8	Nombre de plans d'eau (gauche) et surface cumulée (droite) des plans d'eau selon leur mode de connexion au réseau hydrographique	46
Figure 9	Rapport $\delta^{2}H/\delta^{18}O$ des échantillons d'eau prélevés	51
Figure 10	Rapport conductivité / $\delta^{18}O$ des échantillons d'eau prélevés.....	52
Figure 11	Courbes bathymétriques et modèle 3D obtenus via Surfer (Golden Software) 56	
Figure 12	Capacités volumiques des plans d'eau connues à la fois par l'AELB et la DDTM85 en fonction de leur surface	60
Figure 13	Capacité volumique minimales et maximales moyennes pour chaque gamme de surface	62

Introduction

Les plans d'eau sont au cœur de la problématique de la gestion des eaux sur le bassin de la rivière Vendée. Classé en Zone de Répartition des Eaux, le bassin compte de nombreux plans d'eau dédiés à divers usages comme l'irrigation, la pisciculture, ou encore les loisirs.

Ils font partie intégrante du patrimoine de la région, mais constituent également un enjeu majeur aussi bien au niveau qualitatif que quantitatif, d'autant plus depuis la perspective de la mise en place d'une étude sur les volumes prélevables.

La Commission Locale de l'Eau a donc pris l'initiative de débiter une étude sur les plans d'eau et leurs impacts, soutenue par un comité de suivi composé de membre de nombreux acteurs de l'eau de différents organismes, visant notamment à pallier au manque de connaissance flagrant concernant les nombreux plans d'eau du SAGE.

La présente étude débutera ici par la description du contexte général et réglementaire, avant de décrire en détail les choix des matériels et méthodes permettant la caractérisation et la structuration des données, et la mise en place et l'expérimentation d'une démarche d'enquête. La troisième et dernière partie présentera l'outil créé, ses fonctionnalités, et un état des lieux concis des plans d'eau sur le bassin de la Vendée ainsi qu'une première approche de certaines caractéristiques liées à la quantité.

I. Contexte de l'étude et introduction aux plans d'eau

A. Les plans d'eau : un enjeu important pour la reconquête de la qualité des milieux et la quantité

1. Qu'est-ce qu'un plan d'eau ?

La notion de plan d'eau peut avoir diverses significations selon les organismes qui utilisent ce terme. Elle désigne une diversité d'étendues d'eau douce continentales comme les étangs, les mares, les retenues collinaires, les lacs...

Toutes ces typologies, bien plus communément utilisées que le terme de plan d'eau, définissent des situations bien particulières. Elles peuvent être liées entre autres à un usage spécifique du plan d'eau, à des critères morphologiques, biologiques ou encore à leur origine naturelle ou artificielle.

La définition établie par le Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE) est la suivante :

Un plan d'eau est « une étendue d'eau douce continentale de surface, libre, stagnante, d'origine naturelle ou anthropique, de profondeur variable. Les plans d'eau peuvent posséder des caractéristiques de stratification thermique ».

Afin d'éviter toute ambiguïté pour la suite de l'étude, c'est cette définition claire et précise du SANDRE qui sera retenue pour la suite de l'étude, en y ajoutant une précision : un plan d'eau peut-être **submergé de façon permanente ou non**.

2. Les enjeux autour des plans d'eau

La problématique des plans d'eau représente un enjeu important pour la reconquête de la qualité des milieux et de la quantité.

Selon leur aménagement et leur gestion, les impacts positifs ou négatifs des plans d'eau sont divers. Considérés parfois comme de petits écosystèmes favorisant la biodiversité faunistique et floristique, ils peuvent être la cause de nombreux impacts de différentes catégories : **impacts sur la qualité de l'eau, sur la quantité d'eau, sur la qualité de l'habitat, et sur la biocénose**.

Les plans d'eau placés en barrage de cours d'eau sont les plus impactants : ils modifient les caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des écosystèmes (eutrophisation, augmentation de la température de l'eau...), et peuvent ralentir ou interrompre la libre circulation des sédiments et des espèces aquatiques, autrement dit la **continuité écologique**.

Ils peuvent également être créés au détriment des zones humides, qui sont vitales à un bon fonctionnement du système hydrologique, et entraîner des pertes d'eau importantes par infiltration et évaporation estimées selon diverses études à 2 000 à 3 000 m³ par an et par hectare (BOUTET-BERRY L., 2000).

Bien évidemment, tous ces impacts sont aggravés lorsque la prolifération des plans d'eau est importante. Cela dit, l'impact cumulé des plans d'eau sur les quantités reste encore peu connu.

3. Les principaux éléments et caractéristiques des plans d'eau

Selon leur situation sur le bassin versant ou par rapport au réseau hydrographique, leur usage ou encore leur date de création, les plans d'eau possèdent des caractéristiques et des équipements divers.

Il convient de présenter brièvement les principaux éléments que l'on peut trouver sur un plan d'eau.

a. Les barrages

Les barrages (ou chaussées) souvent appelés à tort « digues », sont des ouvrages d'art souvent placés en travers de cours d'eau et permettant de stocker l'eau pour divers usages. Recevant la pression de la masse d'eau contenue dans le plan d'eau, le barrage doit faire l'objet d'une gestion et d'un entretien attentifs pour rester parfaitement solide et étanche, et assurer la sécurité des personnes et des biens (*Art. 5 de l'arrêté du 27 août 1999*). Les proportions des barrages sont soumises à une réglementation précise.

b. Les systèmes de vidanges

Essentiellement utilisés pour les plans d'eau à usages de pisciculture ou de pêche de loisirs, les systèmes de vidanges permettent de mettre en assec les plans d'eau afin de récupérer le poisson contenu dans le plan d'eau, ou encore d'entretenir les plans d'eau ou leurs équipements.

Il existe de nombreux types d'ouvrages de vidanges : les pelles, les bondes, les moines, les vannes et divers hybrides de ces dispositifs.

c. Les dispositifs d'évacuation de l'eau excédentaire

Il existe différents dispositifs d'évacuation de l'eau excédentaire, qui répondent à des besoins spécifiques.

Le système de trop-plein (ou surverse) a vocation à maîtriser et réguler les débits d'évacuation et surtout à évacuer l'excès d'eau ou les crues légères.

Le déversoir doit, quant à lui, permettre l'évacuation des eaux de crues importantes. Il doit être en capacité d'assurer l'écoulement des crues centennales.

d. La situation du plan d'eau par rapport au réseau hydrographique

Trois cas sont généralement retenus quant à la situation des plans d'eau par rapport au réseau hydrographique. C'est l'une des caractéristiques majeures définissant un plan d'eau puisqu'elle détermine la morphologie du plan d'eau, sa gestion, ainsi que les équipements nécessaires à son fonctionnement (cf. Tableau 1) :

Le quatrième type de connexion au réseau hydrographique ci-dessous a été ajouté aux 3 autres notamment utilisés par la SAFEGE

- le plan d'eau est **isolé du réseau**, ce qui signifie qu'il n'a aucune connexion avec ce dernier
- le plan d'eau est **directement connecté** au réseau hydrographique (on parle aussi de plan d'eau en travers ou en barrage de cours d'eau ou fossé, ou « au fil de l'eau »)
- le plan d'eau est **connecté au réseau hydrographique par dérivation** (le plan d'eau se situe donc à côté d'un cours d'eau ou fossé et peut-être totalement déconnecté de celui-ci, permettant ainsi la continuité de l'écoulement de l'eau et la gestion des prélèvements sur le milieu)

A ces trois situations, on peut ajouter :

- le plan d'eau est situé en **début de réseau hydrographique**. C'est-à-dire que le plan d'eau marque le début d'un canal/fossé ou cours d'eau.

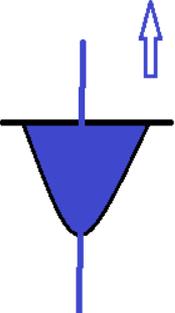
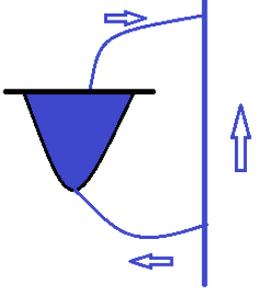
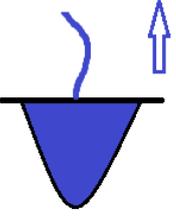
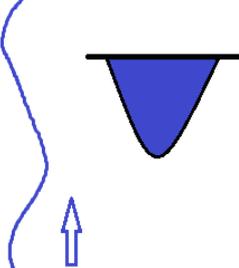
Plan d'eau connecté directement au réseau hydrographique	Plan d'eau connecté au réseau hydrographique par dérivation	Plan d'eau en début de réseau hydrographique	Plan d'eau isolé du réseau hydrographique
			

Tableau 1 Schémas représentant les différentes situations des plans d'eau par rapport au réseau hydrographique

B. Une réglementation européenne et française prenant en compte cette problématique

1. Cadre réglementaire européen et français

A l'échelle européenne, la **Directive Cadre sur l'Eau** (2000/60/CE) du 23 octobre 2000 engage les pays membres de l'Union dans un objectif global de reconquête de la qualité des

eaux, le « bon état » des masses d'eau devant être atteint à l'horizon 2015 (possibilité de report de deux fois six ans). Elle s'applique à **tous les milieux aquatiques** et prend en compte l'ensemble des composantes de la qualité des eaux (chimie, biologie, hydrologie, hydro-morphologie...).

A l'échelle nationale, c'est aujourd'hui la **loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA)** du 30 décembre 2006 qui apporte de nouvelles orientations. Cette loi a rénové le cadre global défini par les lois sur l'eau du 16 décembre 1964 et du 3 janvier 1992 qui avaient bâti les fondements de la politique française de l'eau à savoir principalement: les instances de bassins, les agences de l'eau, la perception de redevances.

Outre l'objectif principal d'atteindre le « bon état » des eaux fixé par la DCE, la LEMA apporte deux autres orientations : améliorer le service public de l'eau et de l'assainissement, et moderniser l'organisation de la pêche en eau douce.

Depuis la loi sur l'eau, la **création d'un plan d'eau** doit faire l'objet d'une procédure de déclaration ou d'autorisation au titre de la législation sur l'eau et conformément aux rubriques suivantes :

Rubrique **3.2.3.0** :

la création d'un plan d'eau permanent ou non d'une surface comprise **entre 1 000 m² et 3 ha** est soumise à une procédure de **déclaration**.

la création d'un plan d'eau d'une surface **supérieure ou égale à 3 ha** est soumise à une procédure d'**autorisation**.

La vidange des plans d'eau est également encadrée par la loi :

Rubrique **3.2.4.0** :

les vidanges de plans d'eau issus de **barrages** de retenue, dont la **hauteur est supérieure à 10 m** ou dont le volume de la retenue est **supérieur à 5 millions de m³** font l'objet d'une procédure d'**autorisation**.

la vidange des autres plans d'eau, à partir d'une **superficie supérieure à 1 000m²**, hors opération de chômage des voies navigables, hors piscicultures mentionnées à l'article L.431-6 du code de l'environnement, hors plans d'eau mentionnées à l'article L.431-7 du même code font l'objet d'une **déclaration**.

Les plans d'eau soumis à déclaration doivent être conformes aux prescriptions applicables aux opérations de créations et de vidanges de plans d'eau prévus par les arrêtés ministériels du 27 mars 1999 modifiés. Ces prescriptions imposent, entre autres, un dimensionnement spécifique des barrages, la mise en place de systèmes d'équipements comme les trop-pleins ou déversoirs, les moines, les systèmes de pêcherie ou de dispositifs limitant le départ des sédiments. Les plans d'eau doivent également être implantés à plus de 10 m des cours d'eau, 35 m pour les plans d'eau dont la largeur dépasse les 7,50 m.

D'autres rubriques encadrent aussi les travaux d'aménagements et la gestion des plans d'eau.

Pour ce qui est des **plans d'eau déjà existants**, leur situation doit être régularisée. La **procédure de régularisation** dépend de plusieurs critères : la date de création de l'ouvrage, sa connexion avec le réseau hydrographique et la réglementation applicable au moment de sa création.

Pour exemple, un plan d'eau créé avant 1992 et déconnecté du réseau hydrographique jouit du bénéfice d'antériorité.

2. Les documents de planification de la gestion de l'eau à l'échelle du bassin versant

Afin de définir plus précisément les enjeux, des objectifs plus précis sont définis à l'échelle de grands bassins par l'intermédiaire des **comités de bassin**. Ce sont les **agences de l'eau** - au nombre de six en France métropolitaine - qui sont chargées de mettre en œuvre la politique élaborée par les comités de bassin. Instituées par la loi sur l'eau du 16 décembre 1964, ce sont des établissements publics du ministère chargé du développement durable. Elles ont pour missions de contribuer à **réduire les pollutions de toutes origines** et à **protéger les ressources en eau et les milieux aquatiques**.

Les comités de bassin définissent et mettent en œuvre les objectifs et les dispositions des **Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)**.

Le **SDAGE** est un instrument de planification qui fixe pour chaque grand bassin hydrographique les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau et des ressources piscicoles, conformément à la DCE et la LEMA.

A l'échelle locale, ce sont les **Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE)**, instaurés par la loi sur l'eau de 1992 qui retranscrivent et adaptent les objectifs du SDAGE.

Le SAGE, est un outil stratégique de planification de la ressource en eau à l'échelle d'une unité hydrographique cohérente. Il vise à : concilier les besoins de l'ensemble des usagers de l'eau et les besoins nécessaires au bon fonctionnement des milieux naturels. Il est élaboré par une **Commission Locale de l'Eau (CLE)**, qui est également chargée de la révision et du suivi de l'application du SAGE.

La CLE comprend des représentants de l'Etat et de ses établissements publics, des collectivités locales et des usagers (associations de consommateurs, de protection de l'environnement, de riverains, d'agriculteurs...).

3. Le SDAGE Loire-Bretagne et le SAGE Vendée

Le **SDAGE du Bassin Loire-Bretagne**, arrêté par le préfet coordonnateur du bassin le 18 novembre 2009, prévoit des dispositions spécifiques aux plans d'eau. En voici un résumé (dispositions complètes en ANNEXE 1).

1C-1 : Pour les projets de plans d'eau ayant un impact sur le milieu, les demandes de création devront justifier d'un intérêt économique et/ou collectif.

1C-2 : La mise en place de nouveaux plans d'eau n'est autorisée qu'en dehors de certaines zones bien définies selon différents critères.

1C-3 : La mise en place de nouveaux plans d'eau ou la régularisation de plans d'eau ni déclarés ni autorisés est possible sous réserves de diverses dispositions.

Le **SAGE Vendée** a également identifié la problématique des plans d'eau comme un enjeu important quant à la reconquête de la qualité des eaux et la quantité. On retrouve cette problématique dans l'Objectif 5 sous objectif 3 et plus précisément dans les mesures suivantes :

5J : Limiter l'impact sur le milieu des plans d'eau en encadrant plus étroitement leur création et leur gestion

5K : Améliorer la connaissance de la gestion des plans d'eau et développer les bonnes pratiques

C. Le territoire d'étude : le SAGE de la rivière Vendée

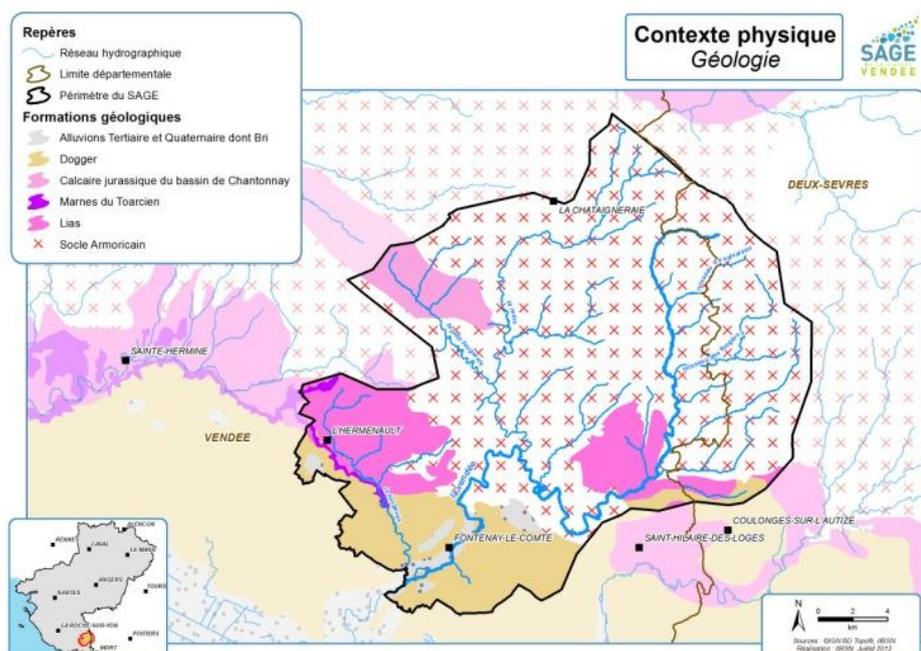


Carte 1 Présentation du périmètre du SAGE de la rivière Vendée

1. Contexte général

Les préfets de la Vendée et des Deux-Sèvres ont arrêté le périmètre du SAGE Vendée le 29 avril 1997. Ce périmètre, qui s'étend sur 512 km², est réparti sur 40 communes dont 32 se situent en Vendée et 8 dans les Deux-Sèvres.

Le périmètre du SAGE Vendée se trouve au niveau de la zone de transition entre le massif armoricain sur sa partie nord et les plaines calcaires du Sud Vendée (cf. Carte 2)



Carte 2 Géologie simplifiée à l'échelle du SAGE

Même si les paysages sont en voie de mutation, ils sont distincts entre la partie bocagère (Bas Bocage vendéen et Gâtine en Deux Sèvres) et la partie plaine dite Plaine du Sud Vendée.

De plus, cette géographie implique une dynamique de l'eau contrastée entre ces territoires avec des enjeux spécifiques.

2. Les ressources en eau

Le socle métamorphique dans la partie nord, de part sa faible perméabilité, permet une bonne rétention des eaux en surface, favorisant ainsi une forte densité du réseau hydrographique au sein d'un paysage essentiellement bocager et prairial. Les alluvions et colluvions reposant sur le socle métamorphique permettent la mise en place de petites nappes de sub-surface très localisées.

Les cours d'eau principaux sur le bassin du SAGE Vendée sont les suivants : la rivière Vendée, la rivière Mère et la rivière Longèves. La rivière Vendée constitue une ressource en eau

potable primordiale pour les départements de la Vendée, des Deux-Sèvres et de Charente-Maritime.

Quatre retenues sont situées deux à deux sur la rivière Vendée et la rivière Mère. Celles-ci sont destinées à l'Alimentation en Eau Potable (AEP) et permettent de :

- constituer une réserve d'eau pendant le printemps pour permettre la production d'eau potable
- alimenter les canaux associés à la rivière Vendée, dans les Marais desséchés à l'aval
- réguler le niveau d'eau aval en période hivernale

(source : SAGE Vendée 2011)

Au sud, en revanche, l'essentiel de la ressource en eau est souterrain dans un paysage représenté en grande partie par de grands espaces de cultures céréalières.

L'eau y est stockée dans les aquifères du Lias et du Dogger. Elle est principalement destinée à l'irrigation. Au vu des quantités importantes prélevées, ces nappes font l'objet de mesures de gestion très strictes.

3. Explicitation de l'enjeu quantitatif actuel à l'échelle du SAGE

Au delà de la problématique « plan d'eau », un certain nombre de réglementations s'appliquent spécifiquement au territoire du SAGE Vendée pour la gestion quantitative des eaux souterraines et superficielles. C'est la raison pour laquelle elles n'ont pas été présentées dans la partie générale liée à la réglementation.

Aussi, il faut savoir que le périmètre du SAGE Vendée est entièrement en « zone de répartition des eaux » (ZRE). La définition en est la suivante :

Une « zone de répartition des eaux » est caractérisée par une insuffisance quantitative chronique des ressources en eau par rapport aux besoins. L'inscription d'une ressource (bassin hydrographique ou système aquifère) en ZRE constitue le moyen pour l'État d'assurer une gestion plus fine des demandes de prélèvements dans cette ressource, grâce à un abaissement des seuils de déclaration et d'autorisation de prélèvements. (Décret n°94-354 du 29 avril 1994 relatif aux zones de répartition des eaux)

Sur la problématique qui nous concerne, le SDAGE Loire Bretagne prévoit spécifiquement sur ce zonage une mesure (7C Gérer les prélèvements de manière collective dans les zones de répartition des eaux) et cible l'implication de ce zonage sur d'autres dispositions, notamment la 7C-2.

Dans le contexte de pénuries récurrentes d'eau en été, de la volonté du monde agricole de pouvoir sécuriser leur récolte aussi bien fourragère que de spéculation, les exploitants

agricoles du Bocage interpellent le préfet sur la possibilité de pouvoir créer de nouvelles réserves.

Toutefois, il est bien précisé dans la disposition 7C-2 que de nouveaux prélèvements ne seront possibles que si les « volumes prélevables » sont définis. Cette étude est sous la responsabilité de la CLE. Cette dernière a préféré d'abord compléter la connaissance du territoire et aussi attendre les résultats des études d'autres maîtres d'ouvrage sur les aspects quantitatifs. De plus, au vu des retours d'expériences, l'enjeu de prise en compte des impacts hydrologiques des plans d'eau sur la définition de volumes prélevables est avéré.

C'est la raison pour laquelle la Commission Locale de l'Eau a décidé d'accueillir un stagiaire pour traiter de cette problématique (cf. fiche de stage en ANNEXE 2), décision confortée le lundi 11 mars 2013, la CLE ayant décidée de mettre en place un comité de suivi du stage (cf. partie 2, page 19).

II. Matériel et méthodes

A. Structure d'accueil et objectifs de l'étude

1. Structure d'accueil

a. Présentation

Créée en 1987, l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise (I.I.B.S.N) est un établissement public territorial qui regroupe les conseils généraux de la Charente Maritime, des Deux Sèvres et de la Vendée.

Fondée à l'origine en tant qu'institution d'études, les statuts ont été modifiés en 1990 pour la réalisation de travaux d'intérêt général.

Son périmètre statutaire géographique correspond à celui du bassin versant de la Sèvre niortaise qui s'étend sur 3 600 km².

Ses compétences statutaires sont des études et travaux d'intérêt général dans les domaines de la ressource en eau superficielle et souterraine.

Les principales missions de l'IIBSN sont les suivantes :

- travaux de restauration et d'entretien du domaine public fluvial en cogestion avec l'Etat
- interventions par délégation de maîtrise d'ouvrage ou sous forme d'assistance auprès des syndicats de marais mouillés (réseaux principal, secondaire et tertiaire d'intérêt collectif),
- études liées à la gestion de l'eau : modélisation de la nappe souterraine de l'Aunis, inventaire des zones humides (bassin versant), étude d'indicateurs de suivi en zone de marais, ...
- animation du SAGE de la Sèvre Niortaise et du Marais Poitevin, dont le territoire comprend le bassin de la Sèvre Niortaise et le bassin du Curé.
- animation du SAGE de la rivière Vendée.

(source : <http://www.sevre-niortaise.fr/>)

b. Organisation

L'équipe administrative et technique est constituée de 11 agents permanents et de 10 à 12 agents saisonniers (arrachage de la Jussie).

L'IIBSN est régie par un conseil d'administration composé de 9 membres. Ces membres sont des conseillers généraux désignés par leur assemblée départementale respective, soit 3 conseillers par département. Depuis 2008, le conseil d'administration est présidé par M. Dominique Souchet, conseiller général du canton de Luçon (Vendée).

Ci-dessous, l'organigramme fonctionnel de l'IIBSN :

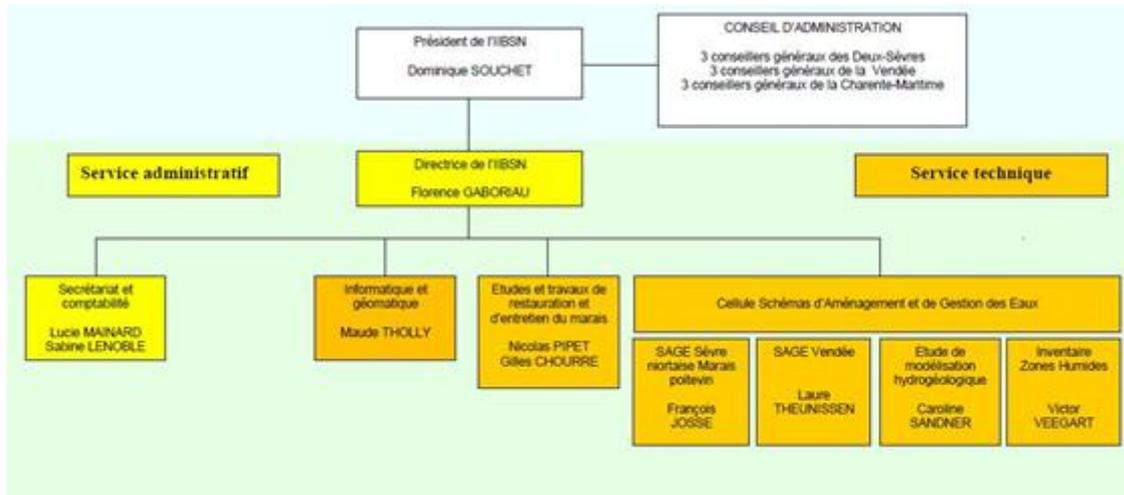


Figure 1 Organigramme fonctionnel de l'IIBSN Source: IIBSN.

2. La Commission Locale de l'Eau du SAGE de la rivière Vendée et le comité de suivi

La Commission Locale de l'Eau du SAGE de la rivière Vendée, composée pour moitié d'élus, pour un quart de représentants des usagers et professionnels et pour un autre quart de représentants des services de l'Etat et d'établissement publics, comporte 54 membres.

C'est sur son initiative qu'a été décidé le lancement de cette étude afin de mettre en œuvre les dispositions du SAGE, et dans la perspective d'une étude sur les volumes prélevables.

Afin d'encadrer et de définir les objectifs précis de cette dernière, un comité de suivi du stage a été établi. Il comprend des représentants de différents organismes : l'EPMP, la DREAL Pays de la Loire, le SMIDAP, l'ONEMA SD 85, le conseil général de la Vendée, la Chambre d'agriculture de la Vendée et la DDTM 85.

Deux réunions du comité de suivi ont eu lieu au cours du stage :

- la première le 11 avril 2013 pour orienter et partager les objectifs du stage,
- la seconde en fin de stage le 9 septembre 2013 pour une restitution des travaux.

3. Les objectifs de l'étude

Les objectifs de l'étude proposés et validés lors de la première réunion du comité de suivi sont les suivants :

- Mettre à jour l'inventaire des plans d'eau et leurs caractéristiques
- Structurer les données sur les plans d'eau
- Etudier les impacts des plans d'eau sur l'hydrologie

B. Actualisation de l'inventaire et caractérisation des plans d'eau

1. Etat des lieux de la connaissance sur le territoire du SAGE de la rivière Vendée

a. Les données internes à l'IIBSN

L'inventaire des plans d'eau de 2005

En 2005, un inventaire a été réalisé par l'IIBSN sur le territoire du SAGE de la rivière Vendée. Le but était d'établir une méthodologie d'inventaire transposable ainsi que de cibler des préconisations afin de favoriser une bonne gestion des milieux aquatiques. Au cours de cet inventaire, 1 043 plans d'eau ont été identifiés (GABRIEL G.).

La méthodologie était celle de la photo-interprétation via le Scan 25 et la BD Ortho de l'IGN avec des démarches participatives auprès des élus municipaux afin d'obtenir un maximum de données sur les plans d'eau.

Voici les principales critiques que l'on peut en faire :

Atouts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none">• Premier travail de qualité alors que l'utilisation du SIG était encore peu répandue• Nombreux descripteurs prévus dans la base de données	<ul style="list-style-type: none">• Remplissage des informations médiocre : de nombreux plans d'eau non caractérisés, des informations parfois erronées• Mauvaise digitalisation des plans d'eau : plans d'eau en double, surface approximative, plans d'eau omis• Manque de certains descripteurs importants concernant notamment : la réglementation, la gestion, les usages, les modes d'alimentation...• Listes des valeurs pas toujours tirées de sources officielles, donc imprécisions et incompréhension de certaines caractéristiques• Structure de la base de données instable (utilisation d'une Geodatabase® Esri)

Les inventaires des zones humides

Les zones humides jouent des rôles importants dans la gestion qualitative et quantitative de la ressource en eau à l'échelle du bassin versant:

- soutien d'étiages, recharge des nappes
- régulation des crues
- filtre pour l'épuration des eaux
- source de biodiversité, etc...

Le SAGE Vendée a donc identifié comme enjeu la connaissance et la protection des zones humides. Les inventaires des zones humides, réalisés à l'échelle communale, répondent donc à une double attente : mettre en œuvre les dispositions des projets du SAGE Vendée, et réaliser un inventaire de connaissance.

La Commission Locale de l'eau a validé des modalités d'inventaire explicitant autant les aspects techniques que ceux liés à la concertation.

Les plans d'eau n'étant pas définis comme zones humides, ceux-ci ne font pas l'objet d'une caractérisation ciblée lors de l'inventaire de ces dernières (parti-pris de l'IIBSN). Ils sont cependant **finement localisés et cartographiés sur SIG** (utilisation de ArcMap).

b. Les données externes à l'IIBSN

Un grand nombre d'organismes abordent la problématique des plans d'eau et possèdent des données diverses pour des objectifs et des enjeux distincts. Afin de caractériser les plans d'eau, il faut donc lister et réunir un maximum de données disponibles sur ceux-ci. Voici une présentation des **principales données** existantes et des **organismes** qui les enregistrent.

L'Agence de l'Eau Loire Bretagne

L'AELB, dans le cadre de la mission des agences de bassin pour la collecte des redevances-prélèvements, enregistre dans sa base de données les prélèvements sur la ressource en eau aussi bien souterraine que superficielle à usage d'irrigation et à usage industriel. Les **prélèvements sont soumis à redevance** à partir d'un **volume prélevé supérieur ou égal à 7 000 m³**. Les redevables doivent tenir à jour un registre des prélèvements à partir du dispositif de comptage installé sur l'ouvrage de prélèvement, et déclarer chaque année le volume prélevé quel qu'il soit. En principe, tout prélèvement même inférieur à 7 000m³ devrait être déclaré à l'Agence de l'Eau.

Ainsi, les plans d'eau sur lesquels des prélèvements ont lieu sont recensés par l'AELB dans une base de données, associés entre autres à un numéro d'ouvrage et un numéro de compteur, au volume prélevé, à l'origine principale de la ressource, et à une estimation de la capacité volumique du plan d'eau, déclarée par le redevable.

La Direction Départementale des Territoires

Le volet réglementation des plans d'eau est géré par le service de la Police de l'eau, au sein de la Direction Départementale des Territoires sous l'autorité du Préfet du département. Sur le SAGE Vendée, on retrouve donc : la DDT 79 et la DDTM 85 (Direction Départementale des Territoires et de la Mer).

La Police de l'Eau a pour mission de faire appliquer la réglementation aux plans d'eau. Qu'il s'agisse des procédures de déclaration ou d'autorisation liées à la création de plans d'eau ou à leur vidange, ou de la régularisation des plans d'eau déjà existants.

Lorsqu'un dossier est instruit, un bon nombre de données est récolté par la Police de l'Eau, notamment les équipements, le mode d'alimentation, et la capacité volumique qui provient d'une déclaration sur l'honneur. Cependant, seuls les plans d'eau dont la surface est supérieure à 1 000 m² sont enregistrés depuis 1999. Cette limite était auparavant fixée à 2 000 m².

Le Service Départemental d'Incendie et de Secours

Les SDIS 85 et 79 enregistrent quant à eux les points d'eau pouvant servir de réserve incendie en cas de besoin. Les plans d'eau en question sont donc localisés par SIG et une capacité volumique déterminée par le propriétaire ou par une estimation est enregistrée.

Autres sources

D'autres sources de données existent comme la Fédération régionale de la chasse qui a fait la pré-localisation des mares d'une superficie inférieure à 2 000m² sur l'ensemble de la région par lecture des orthophotographies, le service route des conseils généraux des différents départements et quelques études locales antérieures. A noter que de nombreuses données avaient été utilisées et enregistrées lors de l'ancien inventaire et ne sont donc pas présentés ici.

2. Démarche d'enquête

Un inventaire complet des plans d'eau, avec toutes les caractéristiques nécessaires étant impossible à exécuter lors d'un stage de 6 mois, il a été décidé d'établir un inventaire sur une sélection de sous-bassins versants afin de développer une méthodologie avec des procédures détaillées de recueil et d'enregistrement de données. Le comité de suivi a acté ce principe le 11 avril. Cet inventaire a également pour but de mieux comprendre tous les aspects des plans d'eau en étant confronté à des situations concrètes.

La méthodologie choisie est ici l'utilisation d'un questionnaire d'acteurs semi-directif, couplé à un travail de recueil de données sur le terrain.

c. Choix des sites d'étude

Le choix des sites d'études s'est fait de façon pragmatique selon plusieurs critères.

La découpe des sous-bassins versants utilisée est celle enregistrée dans la BD Carthage, remaniée par l'IIBSN pour la découper en plus petites entités hydrologique.

Pour plus de clarté dans la suite de l'étude, les sous-bassins versants de la BD Carthage seront qualifiés de « bassins-versants » et les sous-sous-bassins versants de « sous-bassins versants ».

Les sous-bassins versants ont été sélectionnés selon les critères suivants :

- Leur superficie : assez petite pour être sûr de l'étudier dans leur ensemble
- La surface cumulée en eau libre des plans d'eau contenus
- La géologie : on privilégie les contextes géographiques « simples » (c'est-à-dire sur socle, dans la partie nord du périmètre du SAGE Vendée)

Et aussi selon :

- L'état d'avancement dans l'inventaire des zones humides : communes réalisées
- La faisabilité locale de l'étude (accessibilité aux plans d'eau)

Un panel de sous-bassins versants répartis sur le territoire du SAGE Vendée a finalement été retenu. Certains d'entre eux sont des sous-unités de bassins versants, redécoupés selon la topographie.



Carte 3 Localisation des sous bassin sélectionnés

d. Les entretiens semi-directifs

Afin de récolter un maximum de données auprès des propriétaires ou des exploitants des plans d'eau, il a été décidé de procéder par des entretiens semi-directifs.

Ce type d'entretien permet de centrer le discours des acteurs interrogés autour de différents thèmes définis au préalable sans pour autant fermer la discussion grâce aux possibilités de relance et d'interaction dans la communication.

Ceci a donc nécessité l'élaboration d'un questionnaire d'acteurs (cf. ANNEXE 3).

Les principaux volets de ce questionnaire sont les suivants :

- La **localisation** du plan d'eau et sa situation par rapport au réseau hydrographique
- La **règlementation** qui comprend notamment la date de création, de déclaration ou d'autorisation
- Le(s) **mode(s) d'alimentation** du plan d'eau classés selon leur ordre d'importance
- La liste des **différents équipements** et leurs caractéristiques
- Le ou les **usage(s)** faits du plan d'eau
- La **gestion** et le **fonctionnement** du plan d'eau

e. Le travail de terrain

La phase de terrain n'a pas vocation à réunir autant d'informations que le questionnaire, mais paraît fondamentale pour une **meilleure compréhension** du fonctionnement et de l'environnement des plans d'eau et donc une **description plus fine** des différents éléments qui les caractérisent.

Pour recueillir les informations, une fiche de terrain a donc été élaborée, avec les descripteurs adaptés (cf. ANNEXE 4).

On se focalise ici sur les caractéristiques environnementales, la situation hydrographique, et les équipements. D'autres informations comme la présence ou non d'espèces envahissantes peuvent également être notées si elles sont observées.

f. **Protocole pour la mise en place de la démarche d'inventaire**

- Rendez-vous et concertation avec les maires, commune par commune
- Envoi d'un courrier aux propriétaires et/ou exploitants selon le souhait des maires concernés. Le courrier est cosigné par le Président de la CLE et le maire de la commune concernée. Il explique les objectifs de l'étude dans les grandes lignes et prévient d'une prise de contact à venir pour leur participation à l'étude. Ceci demande donc un listing des propriétaires ou exploitants, élaboré selon les connaissances des maires dans un premier temps, puis réalisé à l'aide de la BD Parcellaire (IGN) une fois les données récupérées.
- Prise de rendez-vous individuels avec les propriétaires et/ou exploitants et demande d'autorisation pour visiter le(s) plan(s) d'eau en question
- Rencontre avec le propriétaire et/ou exploitant sur le site
- Visite de certains plans d'eau pour observations de terrain

C. Conceptualisation et création d'une base de données

La méthode d'enregistrement des données doit être mûrement réfléchie pour pouvoir être efficace et utile de façon pérenne et pour un maximum d'utilisateurs (notamment les deux SAGE portés par l'IIBSN : le SAGE Vendée et le SAGE Sèvre niortaise).

1. Choix de la méthode

Lorsque l'on regarde la méthodologie d'enregistrement des données sur les plans d'eau employée par d'autres SAGE ayant réalisé ou débuté un inventaire des plans d'eau, on constate qu'elle est très hétérogène d'un SAGE à un autre. Tandis que certains enregistrent les données dans un tableau Excel, d'autres le font dans la base de données GWERN (au même titre que les zones humides) ou encore dans une base de données à part, propre aux plans d'eau.

Dans notre cas, l'intérêt est de valoriser le premier travail d'inventaire réalisé en 2005 et d'assurer une caractérisation précise des plans d'eau. On doit donc trouver le meilleur moyen pour l'enregistrement des données.

Quatre hypothèses ont été étudiées :

1. Garder et améliorer l'ancienne base de données
2. Garder l'ancienne base de données et lier à la base GWERN pour la digitalisation
3. Utiliser directement GWERN
4. Créer une base centrale basée sur l'ancienne base de données associée à la géométrie des plans d'eau tracée lors des inventaires des zones humides.

C'est finalement la quatrième hypothèse qui est retenue, puisqu'elle seule peut garantir une exhaustivité des descripteurs et l'utilisation des listes de valeurs officielles.

2. Conceptualisation et création

La conception d'un système d'information est sensible. Il est important de suivre un fil conducteur afin de ne pas s'éloigner de l'objectif et de la problématique à laquelle la base de données doit répondre.

La phase de conception nécessite des méthodes permettant de mettre en place un modèle à suivre. La modélisation consiste à créer une représentation virtuelle d'une réalité. Plusieurs méthodes d'analyses existent. La méthode choisie ici est la plus communément utilisée en France : la méthode **MERISE**.

La méthode MERISE passe par la réalisation d'un **dictionnaire de données** et d'un **Modèle Conceptuel des Données** (MCD), qui correspond au schéma relationnel de la base.

Le choix du logiciel permettant la gestion de la base de données s'est porté sur Microsoft Access, logiciel communément utilisé au sein de l'IIBSN et maîtrisé par la géomaticienne Maude THOLLY. C'est elle qui se chargera de la création de la base de données une fois le dictionnaire de données et le MCD établis.

Le dictionnaire de données doit faire l'objet d'une importante réflexion sur les descripteurs par l'intermédiaire de la bibliographie, du terrain et des échanges avec les partenaires et acteurs.

Cette base de données doit être liée à la couche SIG de l'ancien inventaire, mise à jour grâce aux inventaires des zones humides. Toutes les données possibles doivent dans tous les cas être intégrées, selon des procédures adaptées à mettre en place.

Afin de garantir la fiabilité des données enregistrées, les typologies privilégiées pour les descripteurs et les listes de valeurs seront tirées au maximum de sources officielles comme celles du SANDRE.

D. Les impacts des plans d'eau sur l'hydrologie

Afin d'étudier les impacts sur l'hydrologie, il convient tout d'abord de s'attarder sur différents aspects des plans d'eau à savoir principalement : la **capacité volumique des plans d'eau** et leurs **modes d'alimentation**.

1. Etude bathymétrique

Une étude bathymétrique a été retenue afin de **tester une méthode simple** de détermination des capacités volumiques des plans d'eau, de **confronter les capacités volumiques** obtenues avec celles enregistrées par l'AELB, la DDT ou encore le SDIS, et **d'élaborer des formules de calcul** applicables sur l'ensemble du bassin versant après l'identification des caractéristiques nécessaires à son élaboration. Afin de réaliser des statistiques, il est nécessaire de réaliser cette étude sur un nombre de plans d'eau supérieur à 30 selon la loi des grands nombres.

La méthodologie est simple : le but est de faire un grand nombre de points de mesures de la profondeur sur le plan d'eau (au moyen d'une embarcation de type barque ou canoë) positionnés dans l'espace, afin de faire des interpolations sur logiciel pour dessiner un modèle 3D et déterminer la capacité volumique de plusieurs plans d'eau. L'interpolation et le calcul de la capacité volumique se font via le logiciel Surfer de Golden Software.

Les moyens disponibles sont sommaires :

- Sonde piézométrique lestée à l'aide de pierres
- Canoë avec rames
- GPS
- Mire graduée (facultatif)
- Fiches de terrain (cf. ANNEXE 5) afin de noter le numéro du point de mesure affiché sur l'écran du GPS, les coordonnées X et Y, et éventuellement des commentaires comme des points de repère, une distance à la berge ou autre pour ajuster les points si besoin après extraction des points de mesures du GPS*
- Barres de fer avec rubans en guise de points de repère

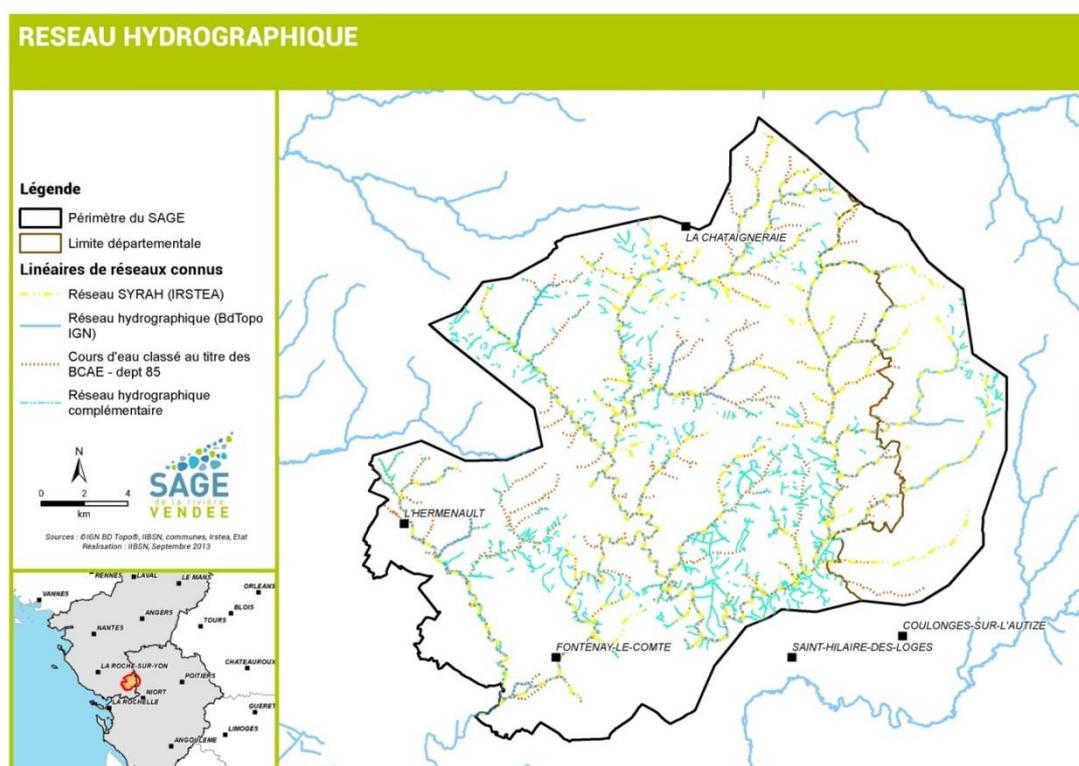
Bien évidemment, il serait possible de faire ce levé bathymétrique avec du matériel plus sophistiqué mais cela demanderait un effort financier plus important de la part de l'IIBSN.

2. Les modes d'alimentation et la connexion au réseau hydrographique

Mal définis dans l'ancienne base de données, les notions de transferts et de modes de connexion au réseau hydrographique doivent être redéfinies pour chacun des plans d'eau. Avant toute chose, il faut donc caractériser la situation hydrographique des plans d'eau par rapport aux cours d'eau ou canaux et fossés. Ceci ne peut se faire que par observation au cas par cas sur SIG vu la diversité des situations observables.

Pour cela, on utilise tous les linéaires de réseau hydrographique disponibles :

- Le réseau hydrographique de la BD Topo de l'IGN
- Les réseaux complémentaires des inventaires des zones humides (qui ne sont donc pas présents sur toutes les communes)
- Le réseau SYRAH¹ de l'IRSTEA
- Les cours d'eau classés au titre des BCAE² (département de la Vendée)



Carte 4 Présentation du réseau hydrographique

Suite à la caractérisation des modes de connexion au réseau hydrographique, il faut faire la passerelle entre les anciens et nouveaux descripteurs. Ceci doit se faire en prenant en compte le mode de connexion au réseau, associé aux descripteurs déjà définis.

¹Système Relationnel d'Audit de l'hydromorphologie des *cours d'eau*

²Bonnes conditions agricoles et environnementales

A défaut de posséder une cartographie des cours d'eau au titre de la Police de l'eau³, pour différencier les cours d'eau des canaux et fossés de manière provisoire, la distinction se fait selon la règle suivante : si le réseau hydrographique en lien avec le plan d'eau est représenté par la BdTopo, il est considéré comme cours d'eau. S'il n'est représenté que par un ou plusieurs des autres linéaires, il sera alors considéré comme canal ou fossé. Bien évidemment, ces descripteurs devront être plus finement caractérisés à l'avenir, notamment par la permanence des écoulements.

3. Etude isotopique

a. Objectifs spécifiques

L'étude des isotopes stables de l'eau a été retenue afin d'étudier les transferts en entrée et sorties d'eau dans les plans d'eau, notamment l'évaporation qui reste un phénomène difficilement quantifiable sur les surfaces en eaux libres.

Les isotopes stables de l'eau, l'oxygène 18 et le deutérium sont des éléments naturels, non radioactifs. Ce sont des formes naturelles d'un même élément qui diffèrent par leur nombre de neutrons, et par conséquent par leur masse atomique. Du fait de cette différence de masse atomique, les rapports d'isotopes stables $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ et D/H varient selon les certains processus physico-chimiques et biologiques. Ils sont notamment étudiés pour quantifier des processus comme l'évaporation, ou pour déterminer les sources et l'âge des eaux.

Deux phases d'échantillonnage sont prévues, les orientations précises de la seconde dépendant en partie des résultats de la première.

L'un des objectifs principaux de cette étude était de définir et mettre en évidence les caractéristiques d'un plan d'eau qui favorisant une forte évaporation.

b. Choix du site d'étude

Le sous-bassin versant visé pour l'étude devait respecter certains critères :

- Faire partie des sous-bassins versants déjà ciblés lors du stage (pour la démarche d'inventaire) ;
- Contenir suffisamment de plans d'eau de différentes surfaces, profondeurs et dédiés à différents usages ;
- Les plans d'eau devaient aussi être accessibles, vis-à-vis des propriétaires et exploitants des plans d'eau.

Après sélection du sous-bassin versant : « La petite Rhée – les Granges », et concertation avec les acteurs, la phase de terrain a pu être mise au point.

³Circulaire DE / SDAGF / BDE n°3 du 2 mars 2005 relative à la définition de la notion de cours d'eau

c. Protocole d'échantillonnage

Le matériel utilisé pour l'échantillonnage est le suivant :

- 20 flacons d'échantillonnage de 10 mL
- GPS
- conductimètre
- pH-mètre
- bouteille de prélèvement
- fiche de terrain

L'objectif est d'avoir un maximum d'échantillons dans les plans d'eau du sous-bassin versant sélectionné, mais aussi dans certains cours d'eau/fossés qui passent par ces plans d'eau, ainsi que dans un ou plusieurs puits.

Chacun des échantillonnages est accompagné d'une mesure de la conductivité, du pH et de la température. Ceci permet d'en savoir plus sur l'origine des eaux échantillonnées.

L'Université d'Orsay Paris sud 11 prend en charge l'analyse des isotopes et leur coût. C'est Aurélie NORET qui se charge des analyses des isotopes grâce à un spectromètre de masse.

III. Résultats et limites

De nombreux objectifs fixés en début de stage n'ont pas pu être réalisés du fait d'un manque de temps (certains objectifs ayant été plus chronophages que prévu), de moyens techniques et de certaines données. Aussi, l'étude des impacts des plans d'eau sur l'hydrologie s'est limitée à une première approche de certaines caractéristiques liées à la quantité d'eau, notamment l'alimentation en eau des plans d'eau et leur capacité volumique.

A. La base de données répondant aux attentes

1. Le dictionnaire de données

L'élaboration du dictionnaire de données (cf. ANNEXE 6) s'est étalée sur une durée assez importante du fait des acquis des phases de terrain et des échanges avec les acteurs et les partenaires qui se sont ajoutés au fur et à mesure du stage et qui ont donc conduit à la modification ou à l'ajout de certains descripteurs. Il a donc évolué pendant la majeure partie de l'étude.

L'objectif était d'avoir une **liste de descripteurs exhaustive**, tout en sachant que certaines caractéristiques seront rarement connues ou observées, toujours dans le but d'avoir de la base une utilisation pérenne, transposable à d'autres SAGE et prenant en compte l'ensemble des problématiques autour des plans d'eau.

Le dictionnaire de données, comprenant **131 descripteurs** (ou attributs), se présente sous la forme d'un tableau organisé autour de 6 colonnes :

Colonne A : le **nom de la table**

Colonne B : Le **nom de l'attribut**

Colonne C : La description et/ou **définition de l'attribut** et la **liste de valeurs** associée

Colonne D : Le **type de données** (*Texte, numérique ou date*)

Colonne E : la **source des données** permettant l'alimentation de la base

Colonne F : l'origine des listes de valeurs utilisées

La description de l'attribut est primordiale. Elle doit être claire, précise, et ne laisser place à aucune ambiguïté afin de garantir une alimentation de la base homogène.

Les **principales tables** autour desquelles s'organise le dictionnaire de données sont les suivantes (liste non-exhaustive) :

Description : table contenant 31 attributs concernant la description au sens large du plan d'eau

Environnement : 14 attributs concernant également des descriptions, orientés sur l'environnement du plan d'eau

Gestion : informations sur activités de gestion du plan d'eau

Hydrologie : elle décrit notamment la permanence de la submersion, l'évolution du niveau d'eau selon les saisons...

Règlementation : cette table contient des informations sur les procédures de déclaration, réglementation, régularisation des plans d'eau et autres informations de la Police de l'Eau

Datation : divers descripteurs voués à permettre la datation du plan d'eau

Equipements : elle regroupe les différents équipements, leur localisation par rapport au plan d'eau et leur fonction associée

Transferts en entrée et transferts en sortie : les descripteurs et les listes de valeurs de cette table sont tirées du référentiel SANDRE et GWERN, avec quelques ajouts.

Les tables contiennent également les attributs nécessaires à l'intégration de certaines données de l'AELB, de la DDT, du SDIS et de l'ONEMA.

2. Le modèle conceptuel de données

Le modèle conceptuel de données (cf. ANNEXE 7) a également évolué au cours de l'étude, en même temps que le dictionnaire de données. Tout d'abord imaginé et conceptualisé, il est ensuite mis en forme et rendu fonctionnel via le logiciel Microsoft Access par Maude THOLLY, IIBSN.

Ce sont finalement 27 tables qui s'organisent autour d'une table principale, dont 5 tables intermédiaires qui permettent les relations n à n , et donc des entrées multiples.

Les entrées multiples concernent:

- Les transferts en entrée et sortie d'eau qui peuvent également être hiérarchisés
- Les équipements et leur(s) fonction(s) associée(s)
- Les compteurs et ouvrages de prélèvement de l'AELB
- Les communes, puisque les plans d'eau peuvent se situer « à cheval » sur deux d'entre elles
- Les usages qui peuvent également être hiérarchisés
- Les coordonnées des différentes personnes en rapport avec le plan d'eau (propriétaires, exploitants, gestionnaires...)

Les entrées multiples permettent de mieux décrire la complexité des cas.

3. Résultat

De manière schématique, la base de données s'organise de la manière suivante :

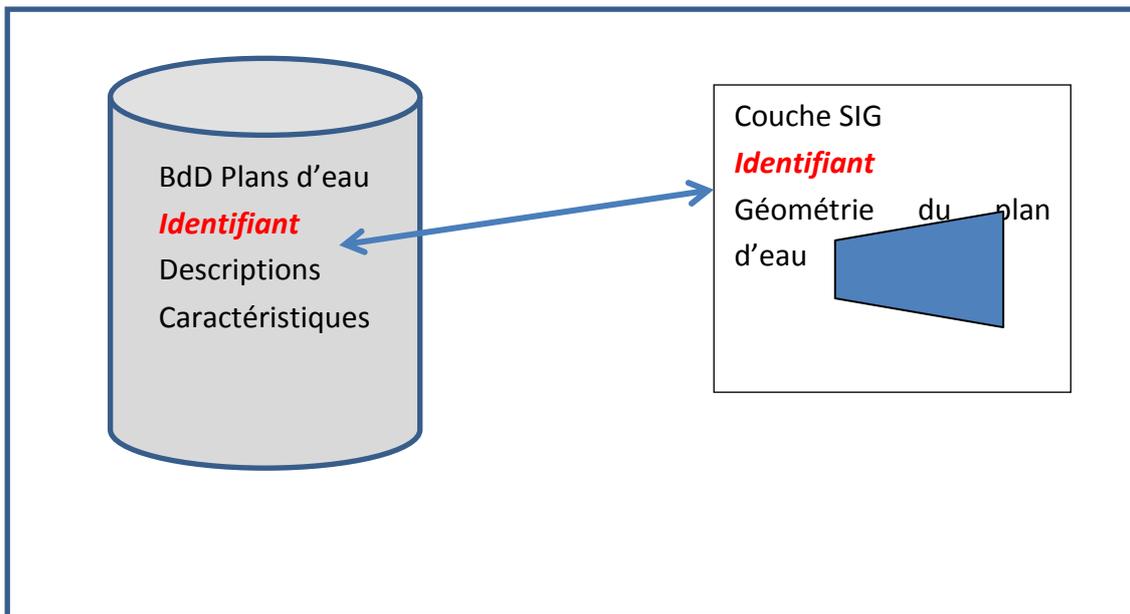


Figure 2 Représentation schématique de la base de données liée à la couche SIG contenant la géométrie des plans d'eau

B. Actualisation de l'inventaire des plans d'eau et leur caractérisation

1. Mise à jour à l'échelle du bassin-versant de la rivière Vendée

Pour intégrer les données des zones humides au niveau des communes où l'inventaire est achevé, notamment la digitalisation exhaustive des plans d'eau, il faut travailler sur SIG.

Il faut donc opérer un recollement entre les anciennes digitalisations et celles de l'étude « zones humides » de manière à garder les données récoltées lors du dernier inventaire.

Différents cas de figures ont donc possibles :

- Le plan d'eau de l'inventaire des zones humides n'est pas présent dans l'ancienne base de données. → Le plan d'eau est alors inventorié avec un nouvel identifiant
- Le plan d'eau est inventorié dans les deux inventaires. → Le plan d'eau garde le même identifiant que dans l'ancienne base, mais avec la digitalisation de l'inventaire des zones humides
- Divers problèmes causés par une mauvaise digitalisation dans l'ancien inventaire ou l'évolution des plans d'eau depuis ce dernier. → procédure adaptée pour sauvegarder les informations

Des **procédures** ont donc été mises en place pour chacun des cas rencontrés pour faciliter et accélérer les prochaines mises à jour de l'inventaire (cf. ANNEXE 8).

Au total, l'inventaire de 10 communes a été mise à jour via les résultats des études « zones humides », du fait de la réalisation (et pour la plupart validation en CLE) de ces inventaires.

Voici les résultats de cette mise à jour :

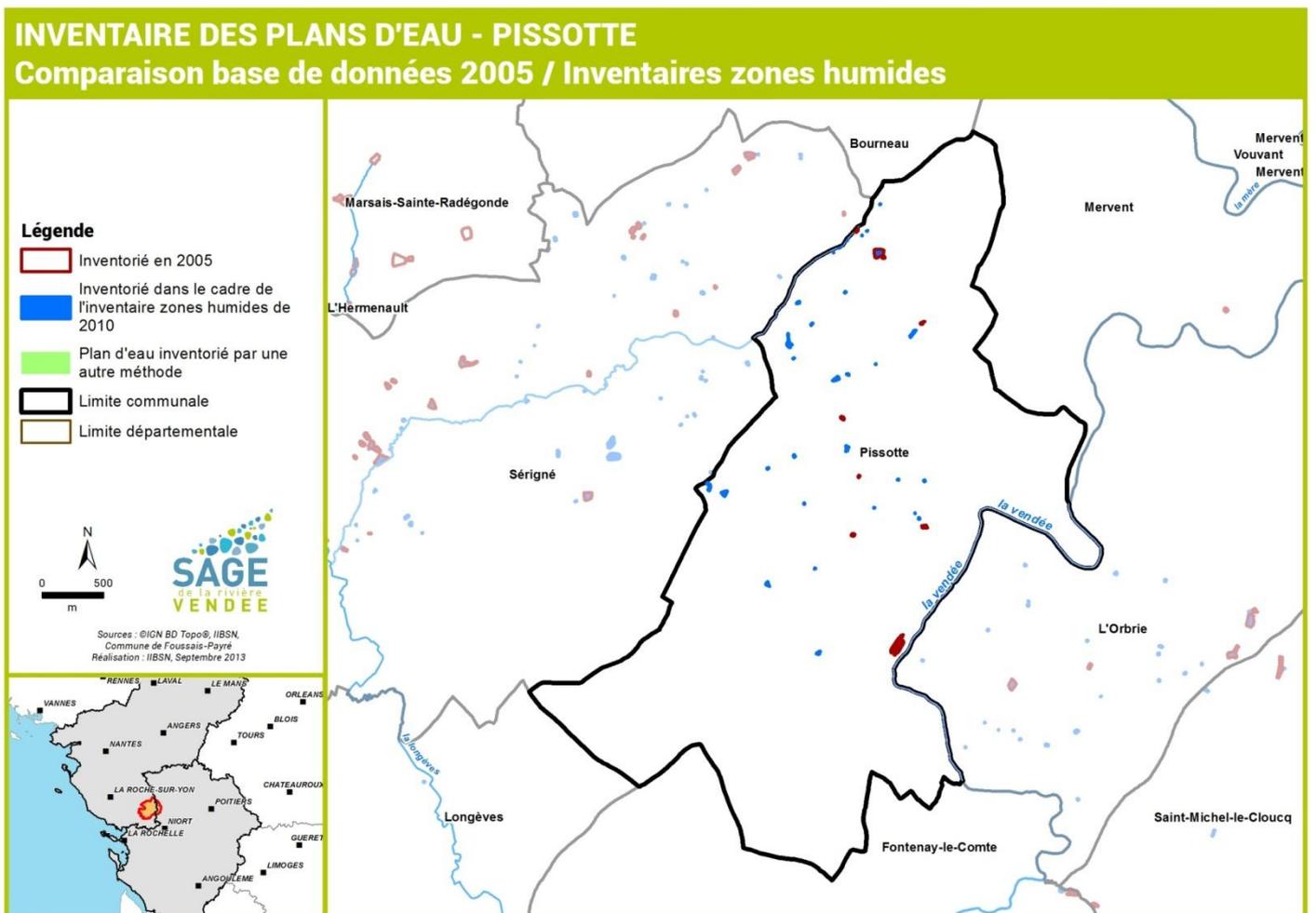
Tableau 2 Résultats des recouvrements d'inventaire des plans d'eau

	Commune	Breuil-Barret	Foussais-Payré	Longèves	L'Orbrie	Pissotte	Saint-Michel- Le-Clouq	Scillé	Séigné	Thouarsais - Bouildroux	Vouvant
	Superficie de la commune	14,74	34,42	11,72	9,63	11,96	17,69	11,43	18,69	17,37	20,2
Avant mise à jour	Nombre de plans d'eau	46	70	3	5	10	21	22	32	23	50
	Superficie cumulée des plans d'eau	131 409	257 599	4 199	13 691	10 795	79 731	45 521	40 494	92 791	141 837
Après mise à jour	Nombre de plans d'eau	76 (-7 ; +37)	144 (-18 ; +92)	5 (+2)	27 (-1 ; +23)	35 (-4 ; +29)	43 (-11 ; +33)	114 (-2 ; +94)	93 (-1 ; +62)	38 (-3 ; +18)	93 (-9 ; +52)
	Superficie cumulée des plans d'eau	159 398	281 136	4 428	16 977	17 337	53 400	122 120	58 366	91 320	156 950
	Variation de la surface cumulée	+21%	+9%	+5%	+24%	+21%	-33%	+168%	+44%	-2%	+11%

Ainsi, cette mise à jour sur les 10 communes a permis **l'ajout de 442 plans d'eau** dans la base de données. 56 autres plans d'eau ont, quant à eux, disparus entre les deux inventaires opérés. Ceci induit une augmentation de la superficie cumulée des plans d'eau totale de **17 %**, soit **14,3 ha**.

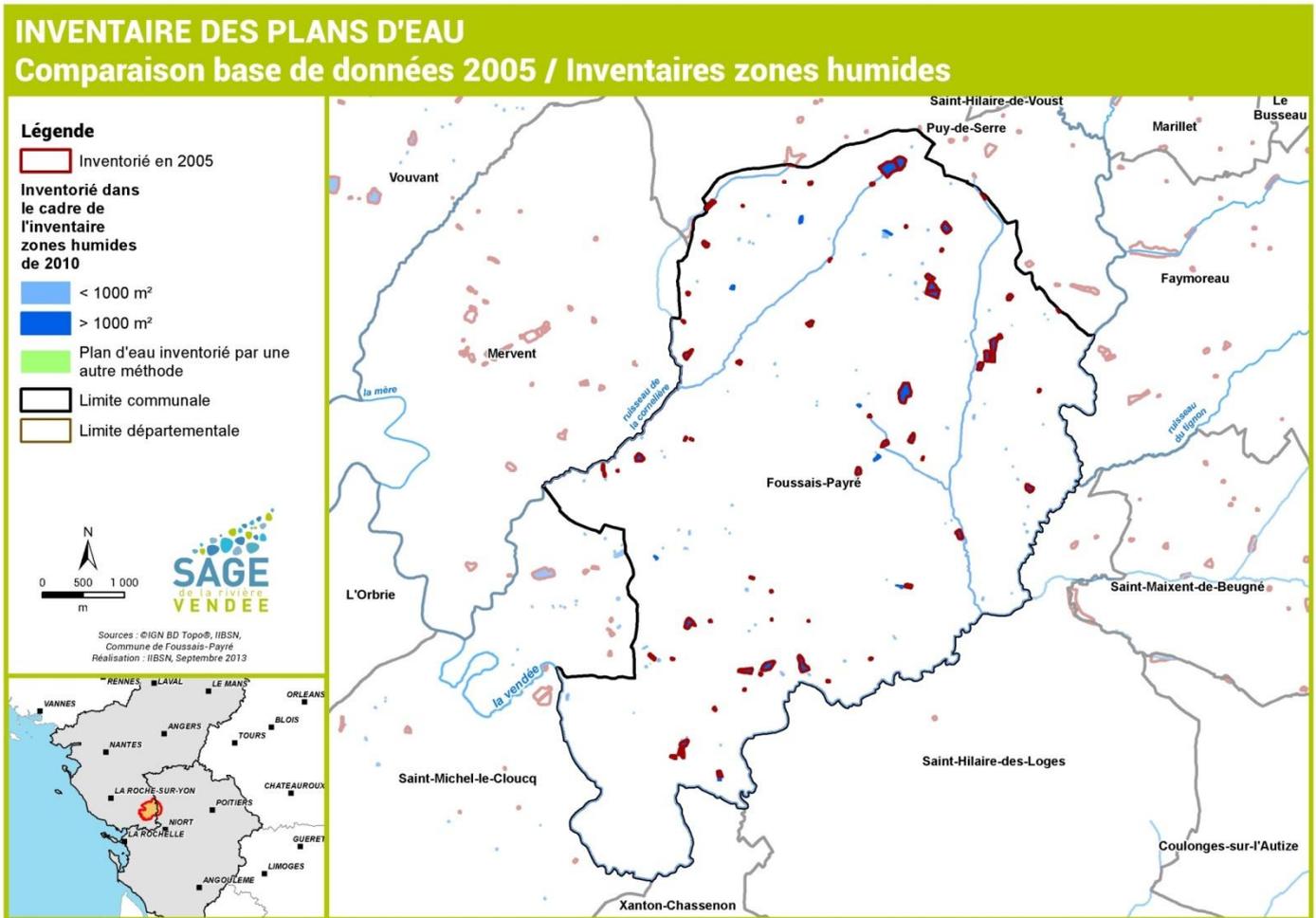
Les plans d'eau ajoutés sont d'une superficie moyenne de 478 m².

Exemple de mise à jour de la couche SIG « Plans d'eau » sur la commune de Pissotte :



Carte 5 Résultats de l'actualisation de l'inventaire sur la commune de Pissotte

Exemple de mise à jour de la couche SIG « Plans d'eau » de la commune de Foussais-Payré :



Carte 6 Résultats de l'actualisation de l'inventaire sur la commune de Foussais-Payré

Sur ces deux cartes, on voit bien que la majorité des ajouts concerne de « petits plans d'eau » d'une surface inférieure à 1 000 m², même si quelques exceptions sont visibles. Malheureusement, il est impossible de savoir si les plans d'eau ajoutés d'une superficie supérieure à 1 000 m² ont été omis lors de l'ancien inventaire, ou créés depuis, à moins de se renseigner directement auprès des propriétaires ou de les retrouver dans les fichiers de la DDTM 85. Cela reste à vérifier.

Autres données intégrées

Certaines données de l'AELB, de la DDTM 85 et du SDIS 85 ont également été intégrées à la base de données. Elles ont permis également la localisation de certains plans d'eau non inventoriés, qui ont donc été digitalisés.

D'autres données restent à intégrer notamment celles sur la partie des Deux-Sèvres : de la DDT 79, du SDIS 79 ainsi que des services « Route » des conseils généraux de la Vendée et

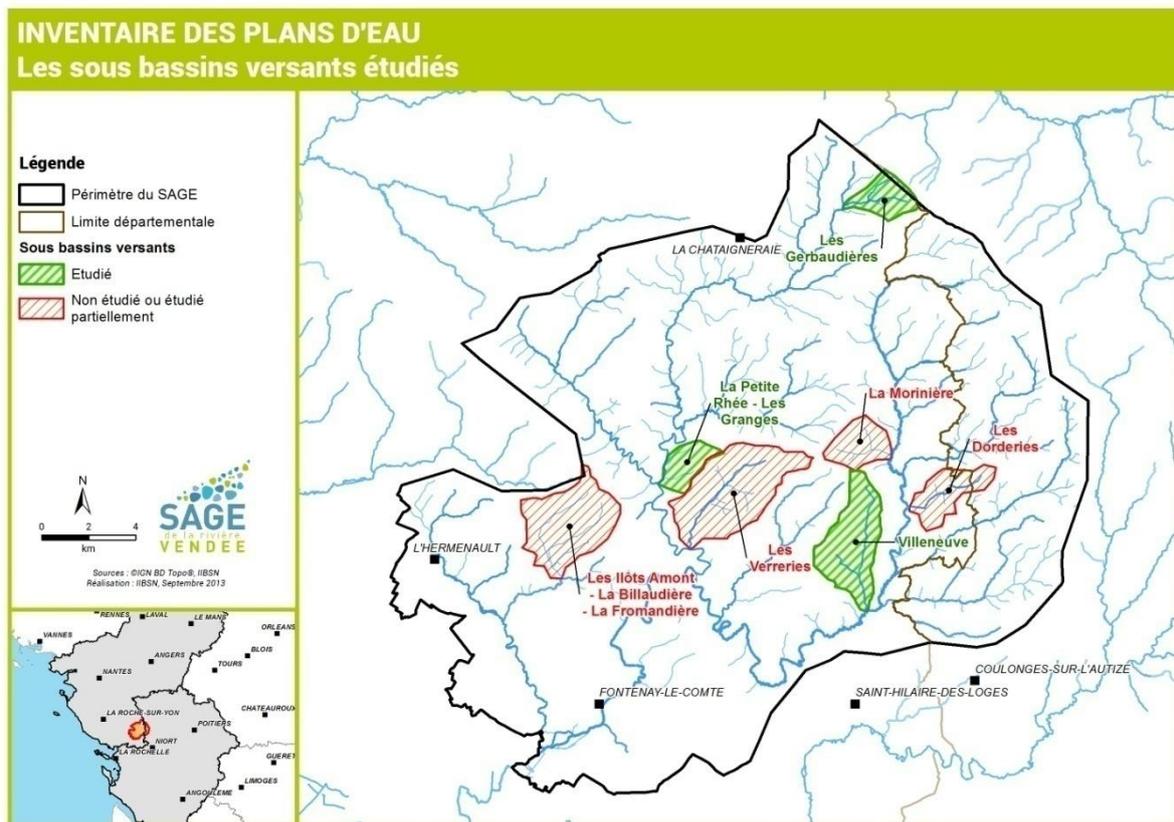
des Deux-Sèvres. L'inventaire des « mares » inférieures à 2 000 m³ par la Fédération régionale des chasseurs des Pays de la Loire ou encore celui de l'ONCFS. Mais la majeure partie des mises à jour sera effectuée via les inventaires des zones humides au fur et à mesure de la réalisation et validation de ces derniers.

2. Une démarche d'enquête nécessaire, intéressante, mais couteuse en temps

Au total, 7 maires ont été contactés. Les communes en question sont les suivantes : Breuil-Barret, Faymoreau, Foussais-Payré, Mervent, Puy de Serre, Saint Pierre du Chemin et Vouvant.

De façon à étudier les sous-bassins versants de manière complète, la réunion et la concertation avec les maires n'ont pas toutes été lancées en même temps. Tous les sous-bassins n'ont pas été abordés dès le début de la démarche.

Du fait du temps imparti, certains sous-bassins versants n'ont donc tout simplement pas été étudiés, et les maires non contactés.



Carte 7 Sous-bassins versants étudiés et sous-bassins versants abandonnés

Sur les sous-bassins-versants étudiés, beaucoup de plans d'eau de « petite superficie » (< 1000 m²) n'ont pas fait l'objet d'un questionnaire semi-directif. Certains ont été caractérisés via un questionnaire téléphonique, ou seulement par une visite sur le terrain. Certains d'entre eux n'ont tout simplement pas été caractérisés.

Le questionnaire téléphonique, simplifié et allégé par rapport au questionnaire semi-directif premièrement élaboré, a été conçu de manière à recueillir seulement les informations

essentielles pour caractériser les « petits plans d'eau » (inférieurs à 1 000m²). Il a ensuite été adapté (cf. ANNEXE 9) pour les plans d'eau de toutes superficies qui n'avaient pas encore fait l'objet de la démarche au bout d'un certain avancement de l'étude.

Sous-bassin versant	Nombre de questionnaires semi-directifs	Nombre de questionnaires téléphoniques	Nombre de plans d'eau visités	Nombre total de plans d'eau	Nombre de plans d'eau > 500 m ²
La Petite Rhée - les Granges	4	6	10	14	8
La Villeneuve	15	6	11	50	23
Les Gerbaudières	8	4	10	18	12
Autres sous-bassins versants	9	X	6	X	X
Total	36	16	37	X	X

Tableau 3 Indices de réalisation de la démarche d'enquête sur les sous-bassins sélectionnés

Tous les maires n'ont pas souhaité l'envoi d'un courrier aux propriétaires et exploitants, ce qui a permis de démarrer plus tôt la démarche sur certaines communes. Cependant, il s'est avéré que les courriers envoyés ont par la suite facilité le contact avec les propriétaires et exploitants et quelque peu accéléré les prises de rendez-vous.

Cette démarche d'enquête, a permis une **meilleure caractérisation** des enjeux et des éléments formant ou « accompagnant » un plan d'eau, et également **d'évaluer la fiabilité des données récoltées** par dires d'acteurs et de définir les informations connues ou non par les propriétaires.

La plupart des acteurs rencontrés avaient une très bonne connaissance du fonctionnement et de la gestion de leur plan d'eau, de leur relation avec l'hydrologie et des différents équipements présents.

D'un point de vue de la réglementation en revanche, très peu d'informations ont été recueillies. De même, la date de création était souvent approximative voire non connue pour les plans d'eau d'un certain âge.

Certains acteurs, méfiants quant aux éventuelles retombées d'une telle étude, pouvaient être tentés de donner de fausses informations, présentant ainsi une gestion plus poussée qu'elle ne l'est réellement, ou omettant certains types d'alimentation comme le drainage agricole ou les sources. Aussi, les entretiens semi-directifs demandaient un travail d'investigation poussé aussi bien lors de l'entretien qu'après, en comparant toutes les données existantes.

A noter que ce travail d'investigation et les orientations des entretiens ont beaucoup évolué au cours de l'étude, améliorant au fil du temps la qualité des données récoltées.

Les observations de terrain ont également évolué en termes de qualité durant le stage du fait de l'amélioration des connaissances concernant diverses caractéristiques comme les différents équipements d'alimentation ou de vidange des plans d'eau.

Ces deux formes d'investigation se sont avérées très complémentaires puisque les deux présentent des lacunes : fiabilité des données récoltées mise en doute pour certains entretiens avec les acteurs, et observations de terrain peu évidentes pour certaines caractéristiques de plans d'eau (notamment les équipements pas toujours visibles, ou les modes d'alimentation...).

Le travail d'enquête aurait dû être plus poussé dans certains cas. Il aurait fallu visiter les plans d'eau suite à certains entretiens et revenir aux interlocuteurs pour une explication plus précise de certains éléments complexes ou omis lors de l'entretien.

La Villeneuve

Ce sous-bassin versant a été le site d'étude le plus intéressant du fait d'un nombre important de plans d'eau de surface importante (18 plans d'eau d'une surface supérieure à 1 000 m², atteignant un maximum de 24 928 m²). Une grande partie d'entre eux sont à usage d'irrigation, et font donc l'objet d'une gestion bien précise. Des systèmes de pompes à double-sens font transiter l'eau d'un plan d'eau à un autre selon les besoins en termes d'irrigation, et selon le remplissage de certains plans d'eau, variable selon les années.

Tous ces systèmes et cette gestion complexe ne sont pas toujours évidents à comprendre.

Les Gerbaudières

Ce sous-bassin contient quant à lui essentiellement de petits plans d'eau inférieurs à 1 000 m². La plupart d'entre eux est destiné à l'abreuvement des bovins et se situe sur source. Un grand nombre de ces plans d'eau ne font pas l'objet du moindre entretien.

La Petite Rhée – les Granges

Ce sous-bassin versant compte assez peu de plans d'eau. Il n'y a pas de spécificités particulières des plans d'eau. La taille et leurs usages sont divers, de même que leurs modes d'alimentation.

C. Statistiques sur les caractéristiques générales des plans d'eau

1. Quelques chiffres sur les plans d'eau à l'échelle du SAGE

Après la prise en compte des plans d'eau issus de la mise à jour via les inventaires des zones humides et autres plans d'eau digitalisés de manière occasionnelle notamment lors du rapprochement de la couche SIG avec les données de la DDT, de l'AELB et du SDIS, le

nombre de plans d'eau sur le SAGE de la rivière Vendée est porté à **1 427** (sans limite de surface et hors retenue de Mervent).

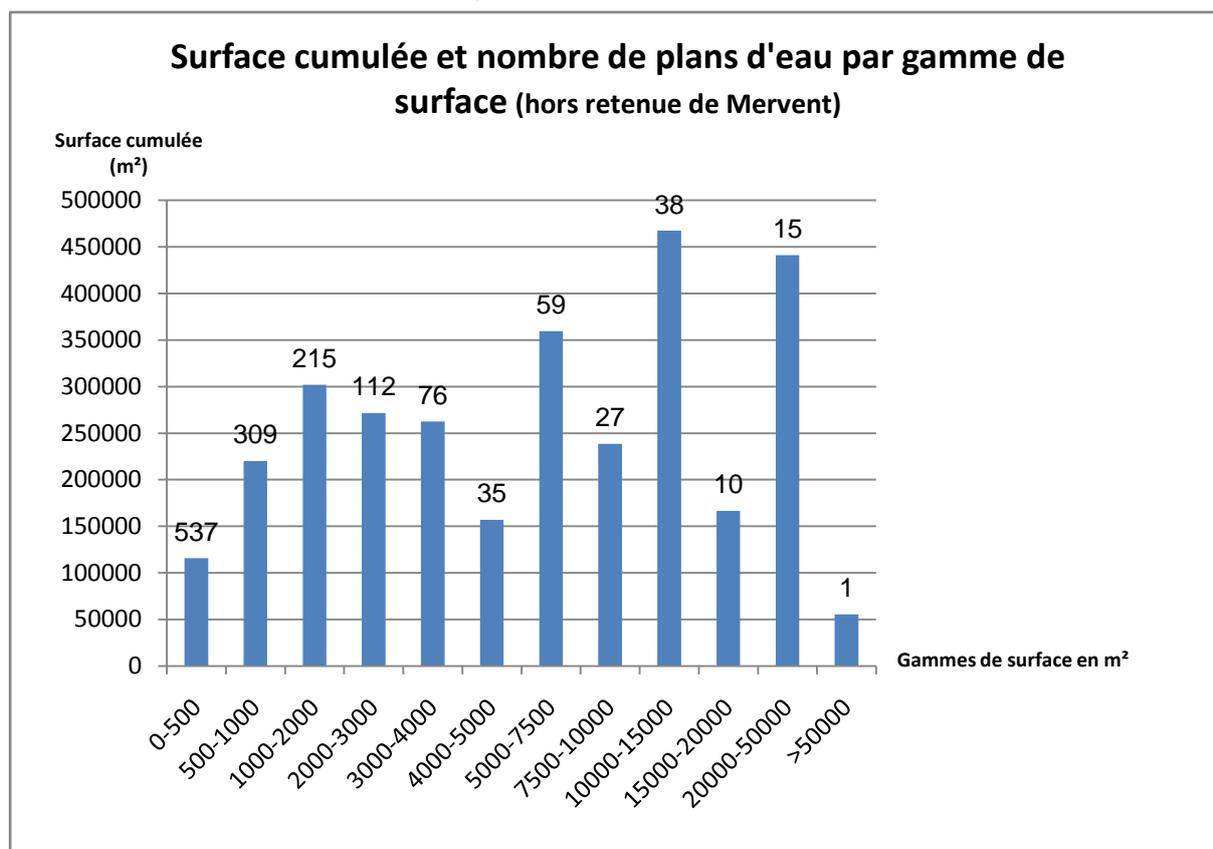


Figure 3 Surface cumulée et nombre de plans d'eau par gamme de surface

En termes de superficie, les plans d'eau couvrent au total **305 ha**, soit **0.59 % de la superficie totale du territoire du SAGE Vendée**. On est donc bien loin de la limite fixée à 5 % dans la disposition du SDAGE pour la création de nouveaux plans d'eau dans un bassin versant. Cette valeur de 0.59 % coïncide avec celle définie par le SMIDAP à l'échelle des Pays de la Loire, qui est de 0.61 % (TRINTIGNAC P., COTINAUD-LHUILIER J., BRISARD J.-F., 2008). La Vendée ne serait donc pas plus sujette à une prolifération des plans d'eau que l'ensemble de la région.

Il peut-être intéressant de voir si cette limite de 5 % est atteinte à d'autres échelles de bassins-versants, et lesquels seraient concernés.

2. Confrontation avec les dispositions du SDAGE

Pour rappel, les dispositions du SDAGE excluent la création de plans d'eau (sauf exceptions) si la densité des plans d'eau est trop importante sur le secteur en question. Les limites sont : **3 plans d'eau par km²** ou une **superficie cumulée représentant 5 % de la superficie du bassin**.

Il convient donc de déterminer quels secteurs sont concernés par ces limites.

Nombre de plans d'eau par km²

Pour vérifier une des conditions fixées par le SDAGE, il est procédé au carroyage du territoire. Un carroyage est un découpage de l'espace géographique en mailles régulières de forme carrée et de taille fixe. (INSEE)

On aboutit ainsi à 587 mailles de 1 km².

Carte 8 Nombre de plans d'eau par km² sur le territoire du SAGE Vendée (≥ à 1 000 m²)

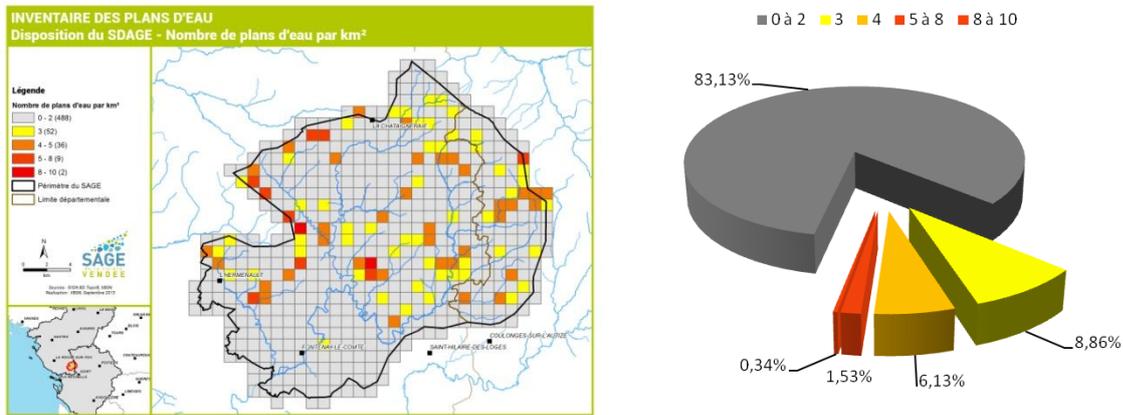


Figure 4 Nombre de plan d'eau (≥ à 1 000 m²) par maille de 1 km²

Comme on le voit, certains secteurs sont bien au-dessus de la limite fixée par le SDAGE (jusqu'à 10 plans d'eau supérieurs à 1 000 m² sur un km²). Ces secteurs restent cependant très localisés.

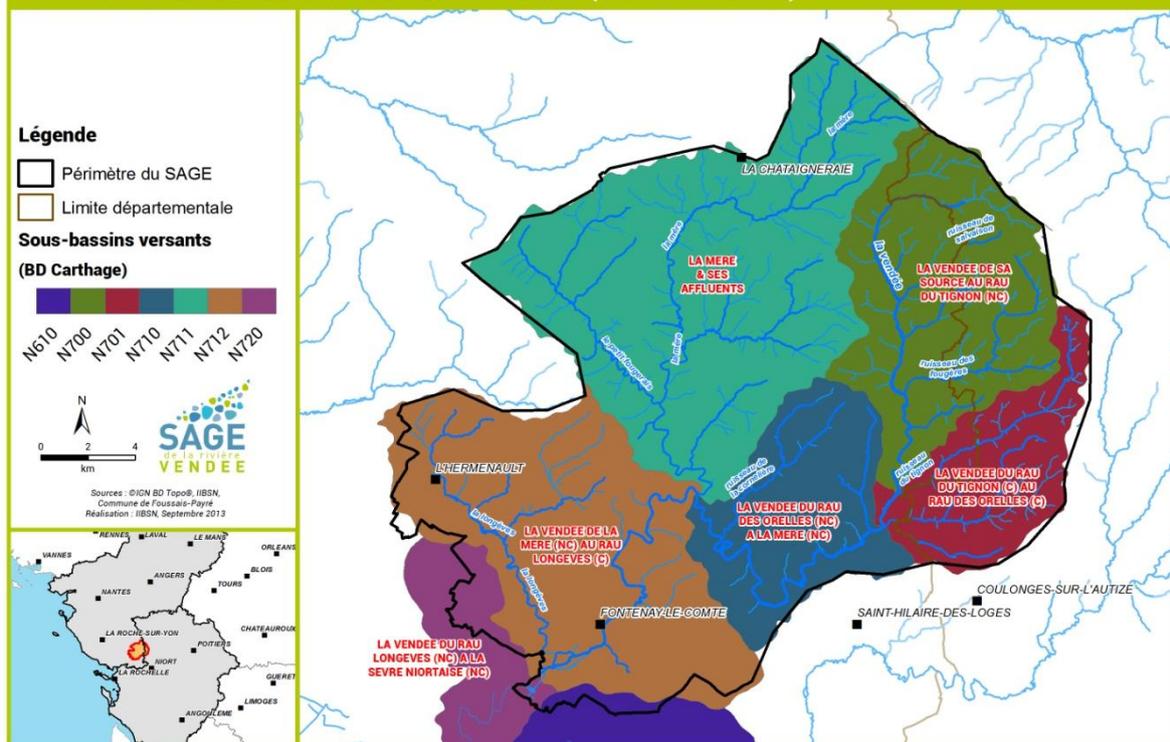
On peut également relever des biais statistiques liés choix du carroyage du territoire. Avec un autre découpage, les résultats pourraient être différents : ce calcul doit être vérifié avec plusieurs hypothèses. Cela est d'autant plus important si des décisions administratives devaient se prendre sur ce type de carte pour les demandes de création de plans d'eau.

Densité en terme de surface par bassins versants

La limite de densité surfacique fixée par le SDAGE ne précise pas quelle découpe de bassin-versant doit être utilisée.

On peut donc faire plusieurs tests de résultats à différentes échelles pour voir quels secteurs sont les plus sujets à la prolifération des plans d'eau, et à quelle échelle la limite de densité peut-être atteinte.

INVENTAIRE DES PLANS D'EAU Les sous bassins versants du SAGE Vendée (BD CARTHAGE)



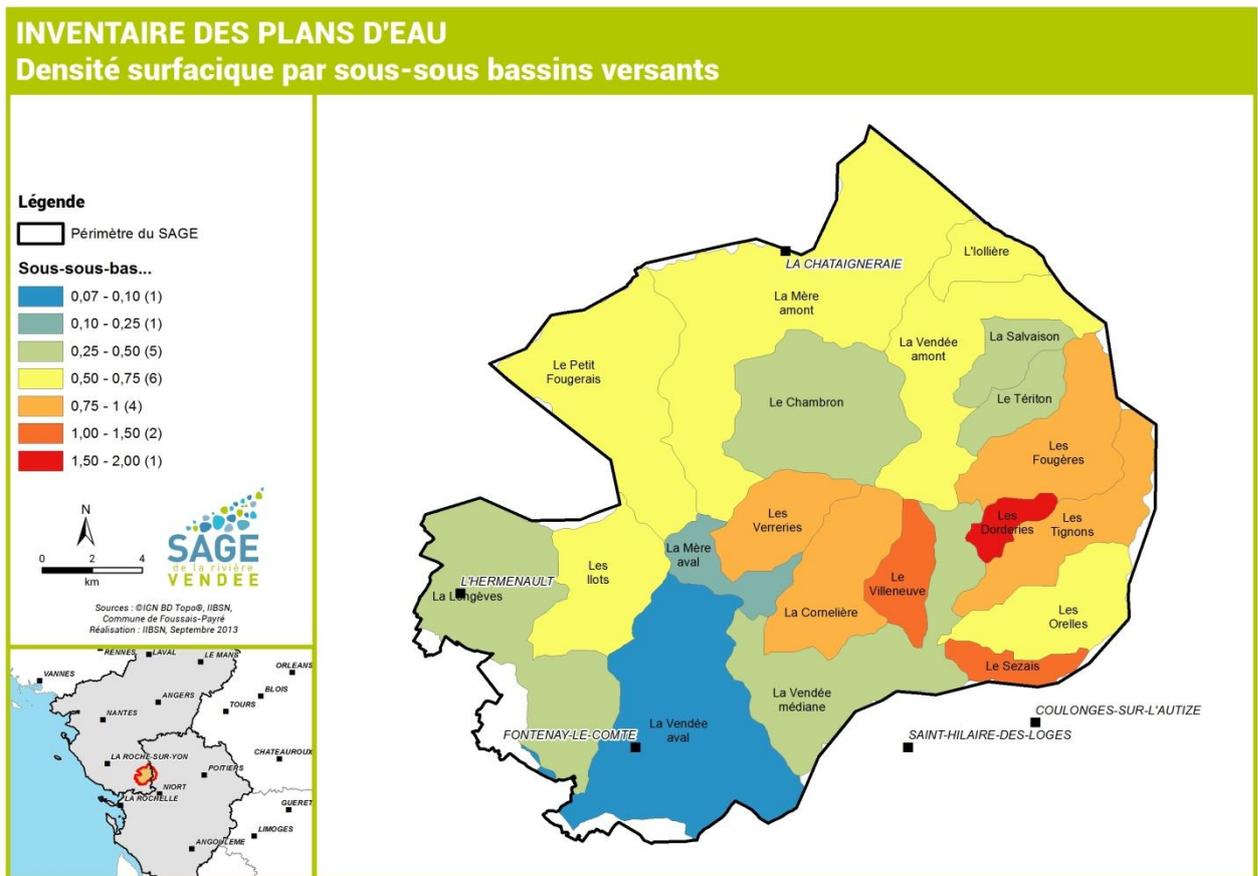
A l'échelle des bassins versants du SAGE Vendée définis par la BD Carthage® représentés ci-dessus, les résultats obtenus en termes de densité surfacique sont les suivants :

Bassins versants	Code	Superficie (km ²)	Superficie cumulée des plans d'eau (m ²)	Densité surfacique en %
La Mère et ses affluents	N711	174,7	1 121 194	0,6417
La Vendée du ruisseau du Tignon au ruisseau des Orelles	N701	48,2	364 368	0,7565
La Vendée de sa source au ruisseau du Tignon	N700	94	711 723	0,7570
La Vendée du ruisseau des Orelles à la Mère	N710	61,48	402 589	0,0065
La Vendée de la Mère au ruisseau Longèves	N712	127,31	375 124	0,0029

Tableau 4 Caractéristiques des bassins versants

Une fois de plus, la limite de 5 % est très loin d'être atteinte à l'échelle de ces bassins-versants. Le maximum atteint se situe sur le bassin de « La Vendée de sa source au ruisseau du Tignon » avec 0.7570 % de la surface occupés par les plans d'eau.

A l'échelle des sous-bassins issus d'un découpage de la BD Carthage :



Carte 10 Densité surfacique par sous-sous bassins versants

A cette échelle, la densité surfacique atteint des proportions plus importantes, jusqu'à près de 2 % de la superficie du bassin des Dorderies. Ce résultat s'explique par la superficie du sous-bassin qui est très réduite, combinée à la présence du plus grand plan d'eau du SAGE Vendée, l'« Etang de la Digue », qui atteint une superficie d'environ 55 000 m².

On retiendra de ces confrontations entre les dispositions du SDAGE et la réalité observée sur le bassin, que les limites fixées en termes de surface cumulée semblent avoir été définies assez largement pour répondre aux enjeux à l'échelon du district Loire Bretagne.

Le SAGE Vendée, quelque soit l'échelle considérée et malgré l'omission de certains plans d'eau (inventaire des zones humides non réalisé sur certaines communes) est bien loin des 5 % fixés.

3. Les usages des plans d'eau sur le bassin de la Vendée

Que ce soit dans les discussions avec les partenaires lors des comités suivi, des échanges avec les acteurs, la question de l'usage des plans d'eau est revenue de façon récurrente. Il semblait donc nécessaire de pouvoir donner au moins quelques chiffres à l'échelle du bassin sur cette caractéristique.

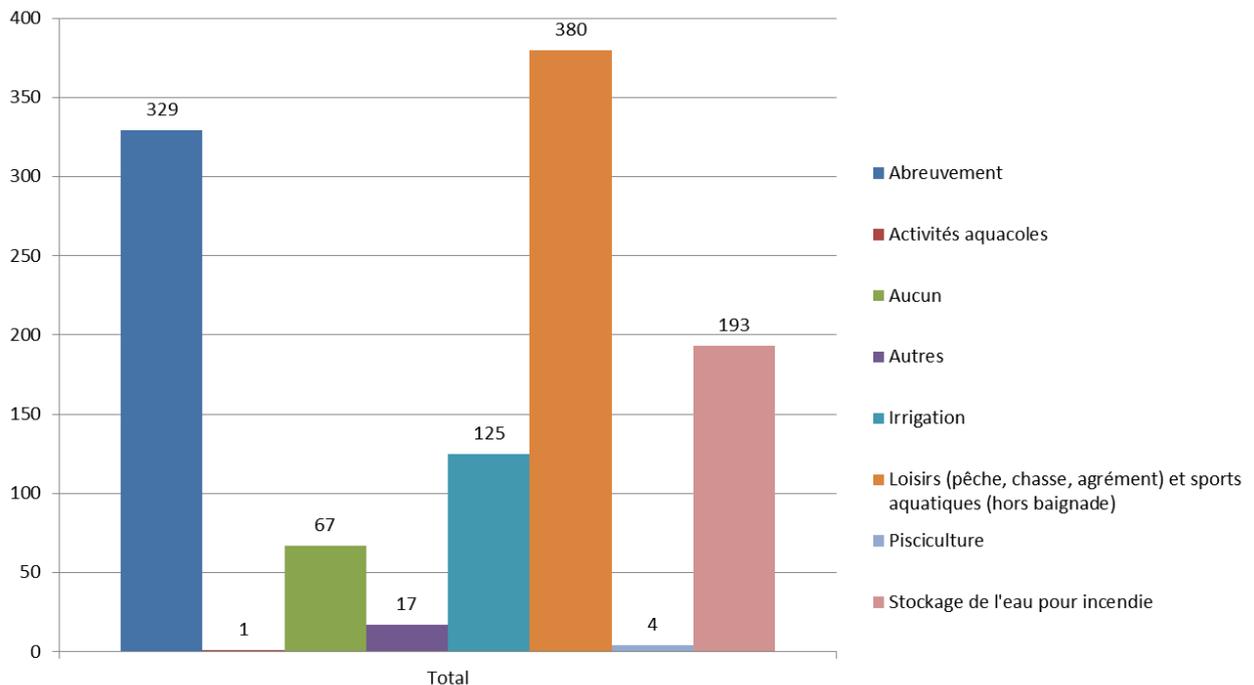


Figure 5 Les usages des plans d'eau sur le bassin de la Vendée

Les données ci-dessus sont à nuancer. Elles permettent seulement d'avoir une idée globale des usages principaux qui sont faits des plans d'eau sur le bassin.

Cependant, pour bon nombre de plans d'eau l'usage n'est pas connu. De plus, dans ce graphique, certains plans d'eau peuvent compter dans différents usages. Le stockage de l'eau pour incendie par exemple n'est souvent qu'une fonction secondaire d'un plan d'eau. (Cette donnée provient majoritairement du recollement de la base avec les données du SDIS 85).

Il conviendra donc à l'avenir de définir l'usage des plans d'eau non caractérisés sur le SAGE.

D. Premières analyses des caractéristiques liées à la quantité

1. La connexion au réseau hydrographique

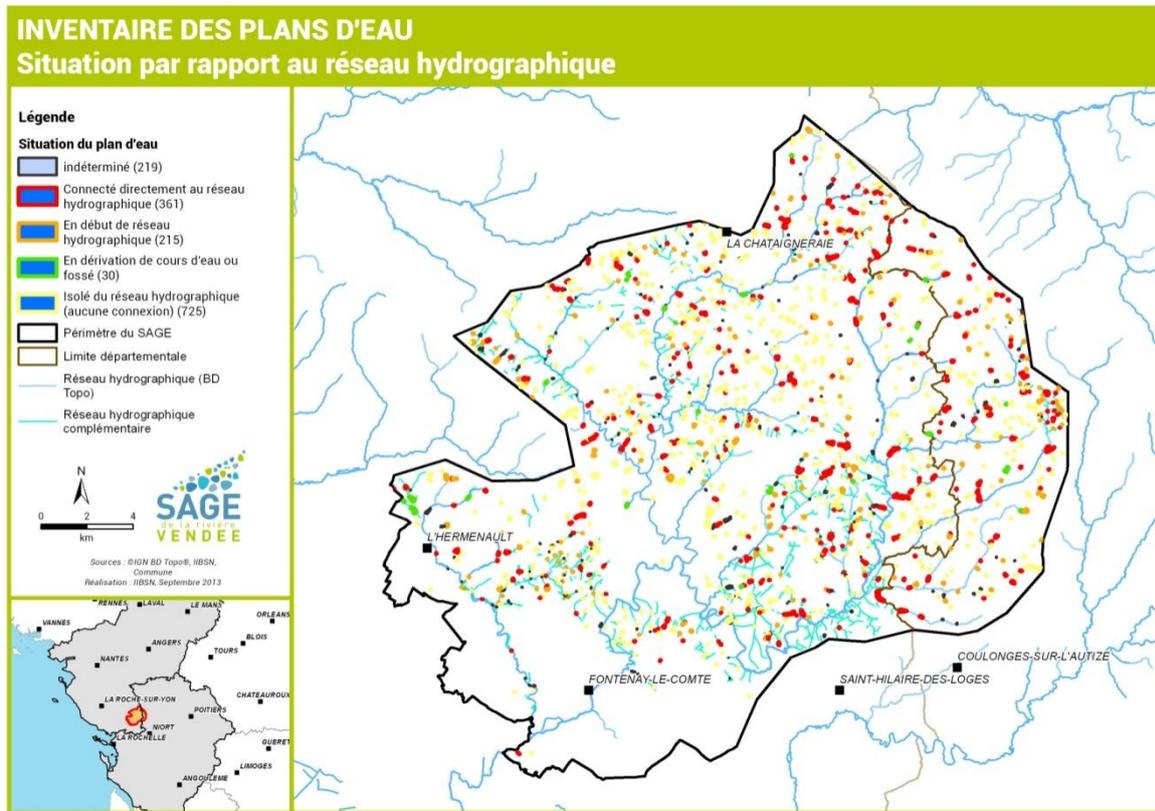
Grâce au travail de **photo-interprétation**, les modes de connexion des plans d'eau au réseau hydrographique ont pu être actualisés pour tous les plans d'eau du périmètre du SAGE.

Un type de connexion (ou la mention « indéterminé » dans certains cas difficilement appréciables) a été associé à **chacun des 1427 plans d'eau** au cas par cas.

Ci-dessous, des exemples des différents types de connexion observés sur photo-aérienne :



Résultat obtenu sur le bassin :



Carte 11 Situation des plans d'eau par rapport au réseau hydrographique

A noter que tous les linéaires de réseau hydrographique ayant servis à la caractérisation du type de connexion n'apparaissent pas sur cette carte pour ne pas l'encombrer davantage.

Pour une meilleure lisibilité, les résultats sont présentés sous forme de graphiques :

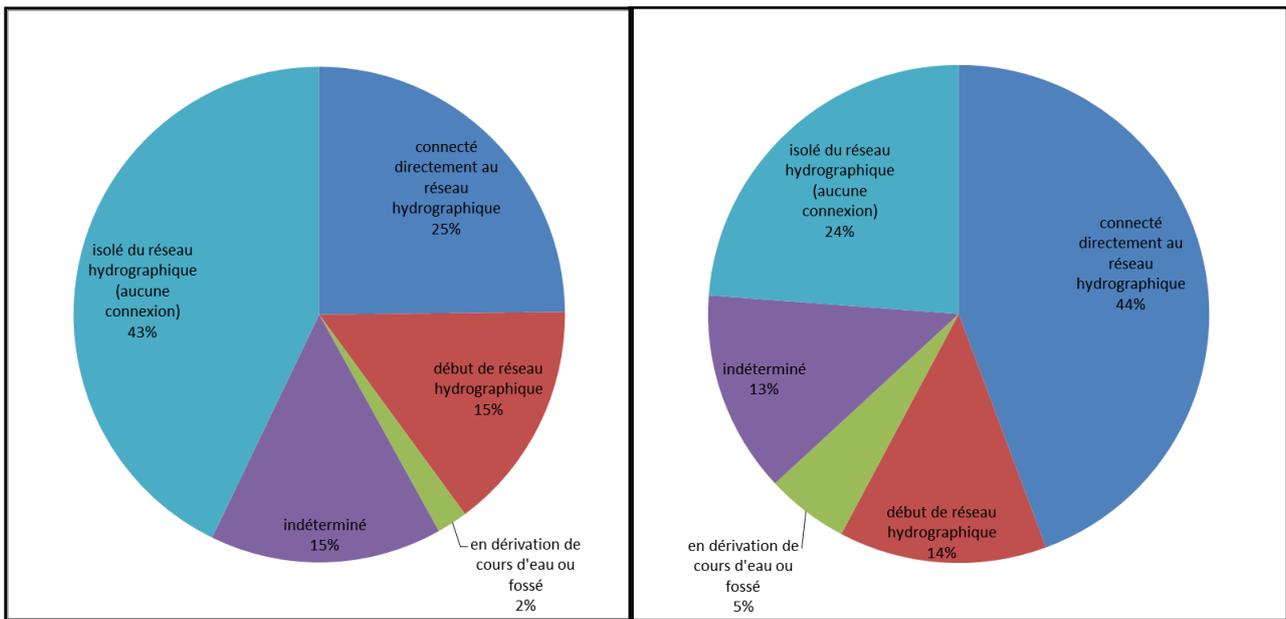


Figure 7 Pourcentage des plans d'eau par mode de connexion en termes de nombre (gauche) et de superficie (droite)

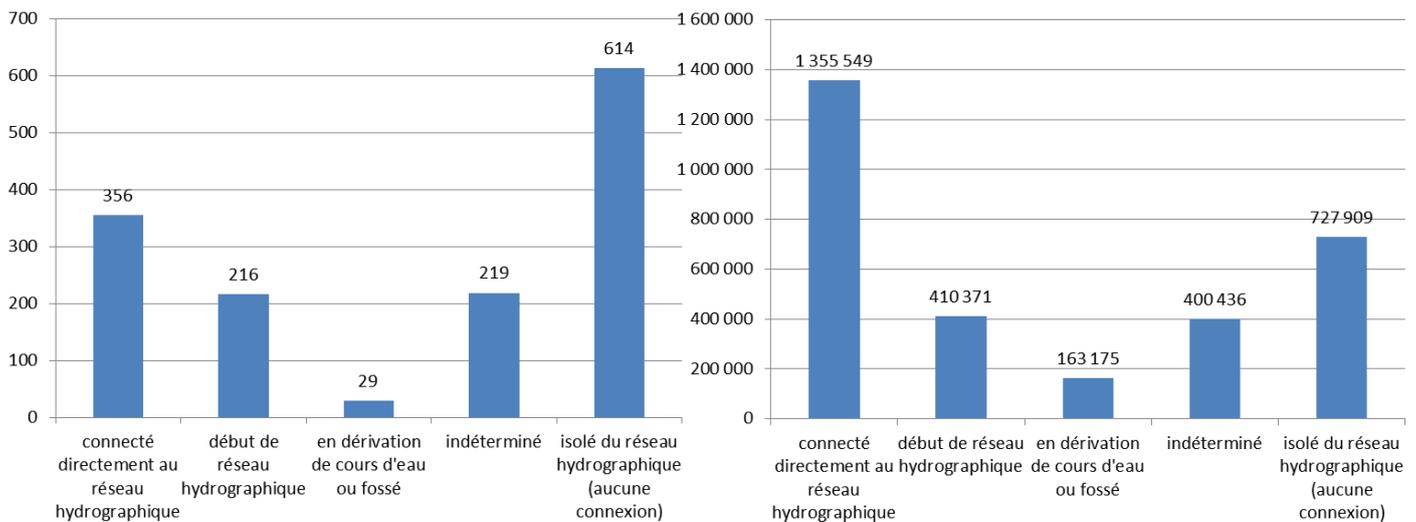


Figure 8 Nombre de plans d'eau (gauche) et surface cumulée (droite) des plans d'eau selon leur mode de connexion au réseau hydrographique

On remarque donc que les plans d'eau connectés directement au réseau hydrographique ne sont pas les plus nombreux, mais ce sont généralement des plans d'eau d'une superficie assez conséquente. La moyenne de leur surface est de 3 807 m².

Au contraire, les plans d'eau isolés du réseau hydrographique sont très nombreux, mais sont d'une surface moindre. Leur surface vaut en moyenne 1 185 m².

Les plans d'eau en dérivation ont une surface moyenne de 5 626 m² et ceux en début de réseau hydrographique : 1 899 m².

La connexion à un fossé ou la connexion à un cours d'eau permanent entraînent évidemment des conséquences différentes. Il conviendra de définir précisément le type de réseau hydrographique et surtout sa permanence dans la base de données lorsqu'une cartographie d'un cours d'eau au titre de la Police de l'eau sera établie.

Le fait que les réseaux complémentaires identifiés dans les études en cours ne soient pas définis sur tout le bassin induit également des approximations et sans doute des erreurs quand au mode de connexion des plans d'eau. Il conviendra de les vérifier et de les mettre à jour chaque fois qu'un inventaire des zones humides sera terminé.

2. Les modes d'alimentation des plans d'eau

La base de données de 2005 comportait trois descripteurs par rapports à l'alimentation des plans d'eau : l'origine des eaux de surface alimentant le plan d'eau (ruisseau, fossé, drainage, non, plan d'eau...); l'origine des eaux alimentant le plan d'eau par pompage (ruisseau, fossé, drainage, plan d'eau, source, nappe, non) et l'origine des eaux-souterraine alimentant le plan d'eau (source, nappe).

Pour chacun de ces descripteurs, on ne pouvait associer qu'un seul apport. (Ce qui veut dire qu'un plan d'eau alimenté par un ruisseau et du drainage n'a qu'une de ces deux données d'enregistrée).

On liste alors toutes les combinaisons obtenues des types de connexion avec les entrées d'eau de l'ancienne base de données afin de mettre en place une correspondance dans la nouvelle base de données pour tous les cas rencontrés. On doit donc attribuer un « cas » à chaque plan d'eau.

Des règles de priorisation des entrées et sorties d'eau (cf. exemples en ANNEXE 10) ont été mises au point pour chacun des cas puisqu'il est impossible d'étudier chaque plan d'eau au cas par cas.

Le problème majeur qui s'y ajoute est la caractérisation du réseau hydrographique en lien avec le plan d'eau. S'agit-il d'un fossé ou d'un cours d'eau qui l'alimente? Le choix (provisoire) se fait selon la règle suivante : le linéaire de réseau hydrographique de la BdTopo correspond aux cours d'eau. Les réseaux complémentaires des zones humides, BCAE et SYRAH correspondent à des canaux ou fossés.

Cependant, tant qu'aucune liste ou définition officielle des cours d'eau proprement dits ne sera pas mise au point, la caractérisation de ces réseaux hydrographique ne peut pas être prise à la lettre.

On obtient donc 18 types de modes d'alimentation. Il est difficile de faire des statistiques sur ces données puisqu'elles sont très incomplètes. Par exemple, les 708 plans d'eau dont le mode d'alimentation est : Précipitations/ruissellement sont en grande majorité des plans d'eau pour lesquels aucune caractérisation des transferts n'avait été établie. Par défaut donc, seuls les types d'alimentation certains y ont été appliqués.

Il est donc évident que de nombreuses combinaisons de modes d'alimentation ne sont pas représentées dans ce tableau. Les possibilités sont diverses, d'autant plus si on les différencie selon leur permanence, et leur hiérarchisation.

Pour le moment, il est donc seulement possible de faire un état des lieux par type d'alimentation.

Entrées d'eau	Nombre de plans d'eau
canaux/fossés	287
cours d'eau	146
drainage agricole enterré	10
nappes	9
plans d'eau	2
pompages	9
sources	426
Total général	889

A noter que dans ce tableau, un plan d'eau peut très bien être lié à plusieurs de ces modes d'alimentation. Les entrées par ruissellement et précipitations ne sont pas incluses dans le tableau, puisque appliquées à tous les plans d'eau du bassin.

Sources :

On dénombre 426 plans d'eau alimentés en partie par une source, ce qui représente près de 30 % de la totalité des plans d'eau. Ce chiffre est à prendre avec précaution car il n'est pas certain que ce mode d'alimentation n'ait pas été confondu avec des nappes de sub-surfaces qui sont très importantes sur toute la partie nord du bassin. Il est donc nécessaire d'aller jusqu'au bout de l'investigation lors des démarches d'acquisition de données auprès des acteurs et de définir précisément les termes de « nappe » et de « source ».

Cependant, au vu du travail de terrain effectué, il semble en effet qu'une très grande partie des plans d'eau, en forte densité sur les têtes de bassin-versant sont alimentés par des sources. Celles-ci définissent en grande partie le lieu d'implantation des plans d'eau.

Cours d'eau et canaux et fossés

433 plans d'eau sont alimentés par au moins un canal, fossé ou cours d'eau.

Les plans d'eau alimentés par cours d'eau doivent faire l'objet d'une attention particulière, puisqu'ils sont généralement les plus impactants pour le milieu, surtout s'ils sont en barrage de réseau hydrographique plutôt qu'en dérivation. Les plans d'eau sur cours d'eau constituent la priorité des services de la Police de l'Eau.

Drainage agricole, plans d'eau, pompages, nappes

Ces quatre modes d'alimentation sont très peu représentés dans les données actuelles. Cependant, il est évident qu'ils sont beaucoup plus importants sur le bassin versant. Le drainage agricole est très répandu, récupérant une quantité importante des eaux de ruissellement des parcelles cultivées du bassin.

De nombreux plans d'eau sont « en série » sur le bassin et se remplissent donc par le trop-plein des plans d'eau en amont. Le chiffre indiqué ici est donc extrêmement faible comparé à la réalité.

L'alimentation par pompage est également sans doute plus représentée sur le bassin que ne le laissent penser les chiffres actuels.

Bilan des alimentations des plans d'eau

Il est donc impératif que les modes d'alimentation soient caractérisés précisément lors des prochaines démarches d'acquisition de données. En effet, ceux-ci définissent les périodes et les nombres de remplissages des plans d'eau.

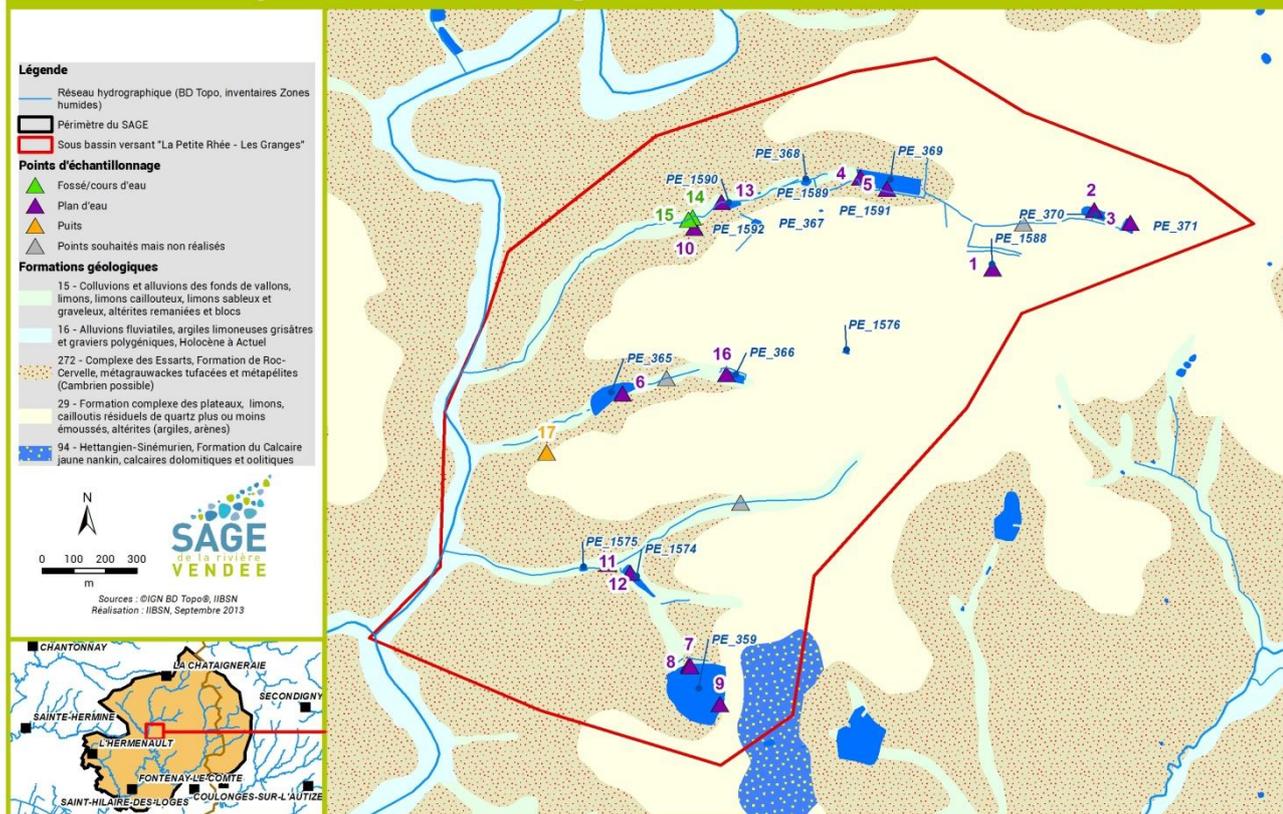
3. Analyse des isotopes stables de l'eau

Prévue initialement en deux séries d'échantillons, l'étude des isotopes stables de l'eau pour caractériser les transferts d'eau au sein des plans d'eau n'a finalement consisté qu'en une unique série de 17 échantillons.

a. Localisation des points d'échantillonnage

Les échantillons concernent 10 plans d'eau de superficies allant de 147 à 29 711 m² ; un puits, ainsi qu'un fossé situé au nord de la zone d'étude. Les autres fossés n'avaient pas un débit suffisant pour assurer un prélèvement lors de la campagne d'échantillonnage (mince filet d'eau).

INVENTAIRE DES PLANS D'EAU Localisation des points d'échantillonnage



Carte 12 Localisation des points d'échantillonnage et géologie du site d'étude

Résultats

n°éch.	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	d	Conductivité	pH	type de ressource	surface (m ²)
1	-3,23	-30,57	-4,76	225,00	5,87	plan d'eau	450
2	-3,71	-32,59	-2,91	218,00	6,48	plan d'eau	4518
3	-4,56	-36,23	0,27	222,00	6,45	plan d'eau	1191
4	-3,25	-27,45	-1,41	218,00	6,73	plan d'eau	10318
5	-3,12	-27,87	-2,90	216,00	6,97	plan d'eau	10318
6	-4,46	-32,71	2,94	210,00	7,7	plan d'eau	7431
7	-3,67	-27,46	1,94	141,00	8,32	plan d'eau	29711
8	-3,66	-25,99	3,28	137,00	7,78	plan d'eau	29711
9	-3,67	-28,57	0,77	140,00	8,48	plan d'eau	29711
10	-4,82	-33,78	4,79	373,00	7,51	plan d'eau	147
11	-3,93	-30,70	0,72	329,00	7,25	plan d'eau	2748
12	-4,66	-32,31	4,99	337,00	7,18	fossé	0 - 50
13	-4,51	-29,48	6,57	352,00	6,68	plan d'eau	1155
14	-4,77	-33,29	4,89	377,00	6,68	fossé	0
15	-4,73	-33,00	4,86	376,00	6,74	fossé	0
16	-3,18	-27,69	-2,29	187,00	6,64	plan d'eau	1757
17	-5,72	-34,65	11,14	462,00	5,98	puits	0

Tableau 5 Rapports isotopiques et paramètres physico-chimiques des eaux échantillonnées

Composition en isotopes stables de l'eau des échantillons

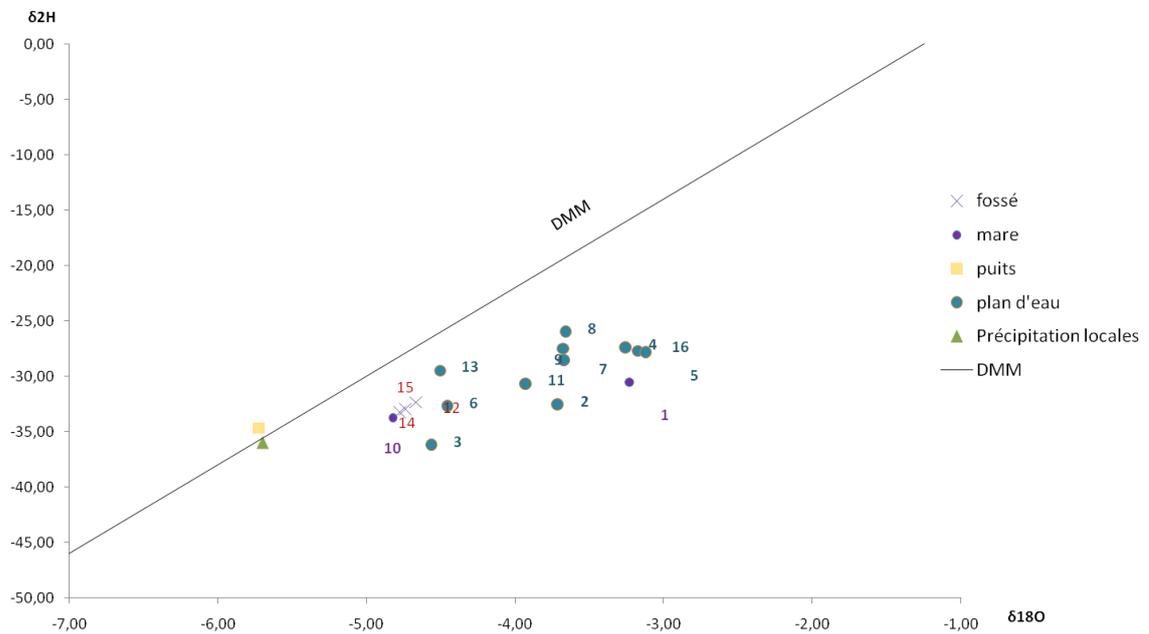


Figure 9 Rapport $\delta^2H/\delta^{18}O$ des échantillons d'eau prélevés

Observations

Le point 17, prélevé dans un puits à environ 3 mètres de profondeur, a une composition en isotopes stables concordant avec celle des précipitations locales selon une estimation à partir de l'aquifère oxfordien (cf. Legal La Salle et al, 1996) soit : $\delta^{18}O = -5,70$ et $\delta^2H = -36,00$. Tous les autres points montrent une eau évaporée. Ils semblent s'orienter selon une même droite, et selon deux pôles plus ou moins évaporés.

On retrouve ces mêmes pôles avec le rapport conductivité / $\delta^{18}O$ présenté ci-dessous :

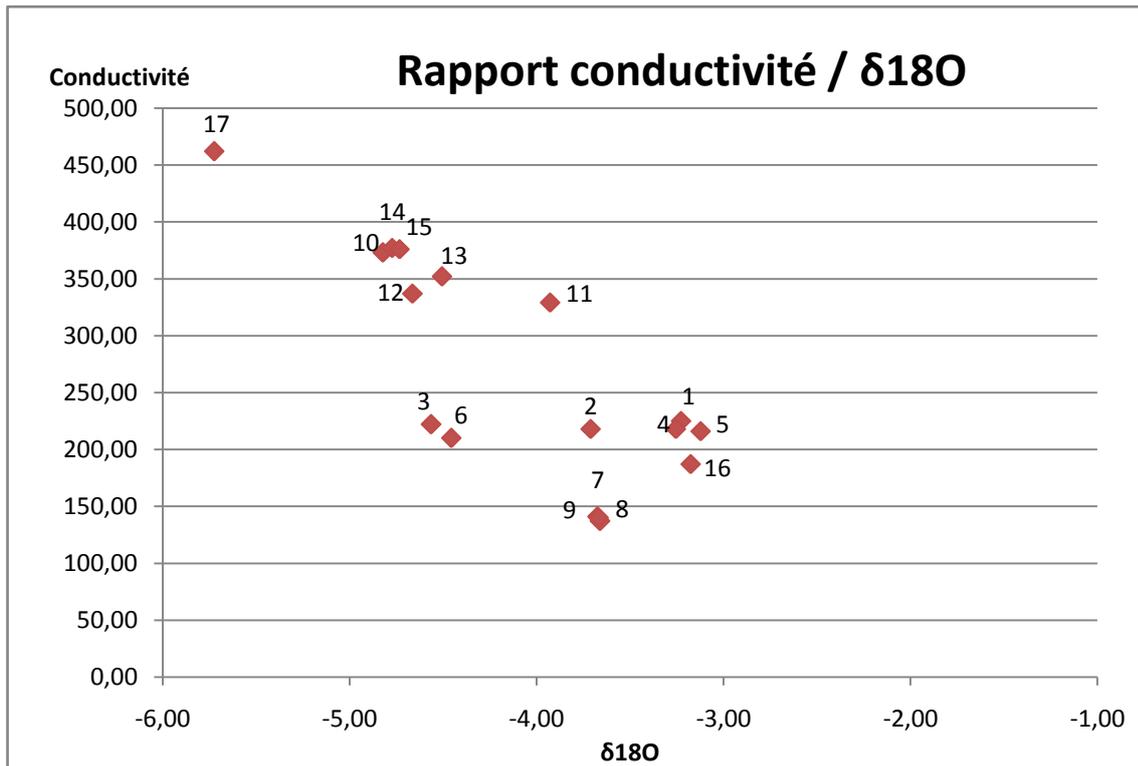


Figure 10 Rapport conductivité / $\delta^{18}\text{O}$ des échantillons d'eau prélevés

On remarque ici que la conductivité a une relation négative avec l'évaporation. Les eaux les plus évaporées présentent des conductivités plus faibles et vice-versa.

Sur la carte, on s'aperçoit que le pôle plus évaporé est majoritairement représenté par des eaux qui se situent dans la partie amont de la zone d'étude, les eaux moins évaporées se situant elles majoritairement en aval.

Ainsi, en amont, on a une eau très évaporée, avec une conductivité assez faible, et en aval une eau moins évaporée, avec une conductivité plus importante.

Interprétations

Les différences d'évaporation en amont et en aval peuvent s'expliquer en partie par le temps de résidence.

L'hypothèse privilégiée est que l'eau en amont, provenant de sources, s'écoule vers l'aval essentiellement en surface ou sub-surface par ruissellement et drainage. Les eaux restent donc soumises à l'évaporation pendant leur écoulement et viennent participer à l'alimentation des eaux en aval.

Mais une eau d'une autre origine doit également entrer en jeu, au niveau des points d'échantillonnages présentant une conductivité plus importante et une évaporation moins marquée.

Il pourrait s'agir d'une nappe d'une plus grande ampleur que les nappes perchées, plus profonde et en contact avec des roches métamorphiques.

Les eaux souterraines étant rares dans le contexte métamorphique du sud Vendée, les eaux pourraient plus certainement provenir de remontées d'eau par des accidents tectoniques dans le socle métamorphique.

Plus localement, on observe des choses intéressantes. On peut par exemple comprendre les modes d'alimentation de certains plans d'eau.

Au niveau des points 2 et 3, les eaux ont les mêmes paramètres physico-chimiques (conductivité et pH). Cependant, le plan d'eau 2 montre une évaporation bien plus marquée. Ceci s'explique par le fait que dans le plan d'eau du point 2, l'eau est continuellement renouvelée par une source. En revanche, le plan d'eau du point 3 se remplit essentiellement en hiver par débordement du plan d'eau du point 2. Après l'hiver, le plan d'eau n'est plus alimenté par cette source, mais seulement par précipitations, ruissellement et éventuellement drainage. L'eau stagne donc bien plus longtemps dans le plan d'eau et reste donc plus soumise à l'évaporation.

Limites

Pour connaître avec certitude l'origine des eaux venant alimenter les plans d'eau, il aurait fallu faire des analyses d'autres éléments chimiques (chlorures, sulfates, nitrates...) pour pouvoir caractériser leur faciès minéralogique. Il aurait également été intéressant d'utiliser des traceurs comme le chlore 36, ou le carbone 14 pour déterminer l'âge des eaux échantillonnées.

Avec les seuls isotopes stables de l'eau couplés aux mesures de conductivité et de pH, on ne peut acquérir aucune certitude quant à l'origine des eaux échantillonnées. Le contexte métamorphique des Essarts, très accidenté, ne facilite pas non plus la compréhension du système hydrogéologique de la zone d'étude.

4. La capacité volumique des plans d'eau sur le SAGE Vendée

a. Levés bathymétriques

(cf. note complète en ANNEXE 11)

a.1. Brève présentation des plans d'eau sélectionnés

Les levés bathymétriques se devaient d'être en **nombre suffisant** pour pouvoir **élaborer des statistiques** sur l'ensemble du bassin selon des méthodes de calcul simplifiées, basées sur des descripteurs préalablement identifiés.

Finalement, du fait du temps imparti, seule une journée a été consacrée à ce travail, **seuls 3 plans d'eau** ont donc pu être étudiés.

Ceux-ci ont donc été sélectionnés selon différents critères :

- Accessibilité au plan d'eau
- Concertation
- Taille du plan d'eau (suffisante pour avoir un intérêt en terme de capacité volumique)
- L'usage
- Profondeur de dire d'acteurs enregistrée dans la base de données

Un même secteur d'étude pour ne pas perdre du temps en déplacements

Voici les plans d'eau sélectionnés et quelques caractéristiques générales :

Plan d'eau n°1 :

Usage : irrigation

Superficie : 29 711 m²

Position : fond de talweg



0 25 50 100
Mètres

Morphologie générale : Maximum de profondeur bien marqué au niveau du barrage (5,5 mètres) depuis lequel les pentes remontent de manière régulière jusqu'aux berges.

Commentaires généraux : asymétrie de celles-ci (est/ouest), végétation aquatique développée, amphibiens alevins et odonates. Marnage estimé au moment du passage : 20 cm.

Difficulté principale : difficulté à se repérer dans ce plan d'eau assez vaste.

Critique : les points de mesures semblent bien répartis, hormis une petite zone dans le quart sud-est.

Plan d'eau n°2 :

Usage : abreuvement

Superficie : 10 317 m²

Position : proche, mais pas dans le fond de talweg (fossé de contournement)

Morphologie générale : forme rectangulaire très régulière, fond également très régulier, avec un maximum de 1,30 mètres. Pente des berges abrupte. Marnage estimé au moment du passage : 30 cm.

Critique : le levé bathymétrique de ce plan d'eau est allé assez rapidement. Il était plus facile de se repérer, et de se laisser dériver lentement dans des directions adéquates, en travers du plan d'eau.



Plan d'eau n°3 :

Usage : irrigation

Superficie : 24 928 m²

Morphologie générale : géométrie originale.

Fond assez régulier, berges très pentues stabilisées par un empierrement. Marnage estimé au moment du passage : 30 cm.



Critique : aucune mesure en berges. Les points devront être ajoutées par SIG

a.2. Indicateurs de réalisation

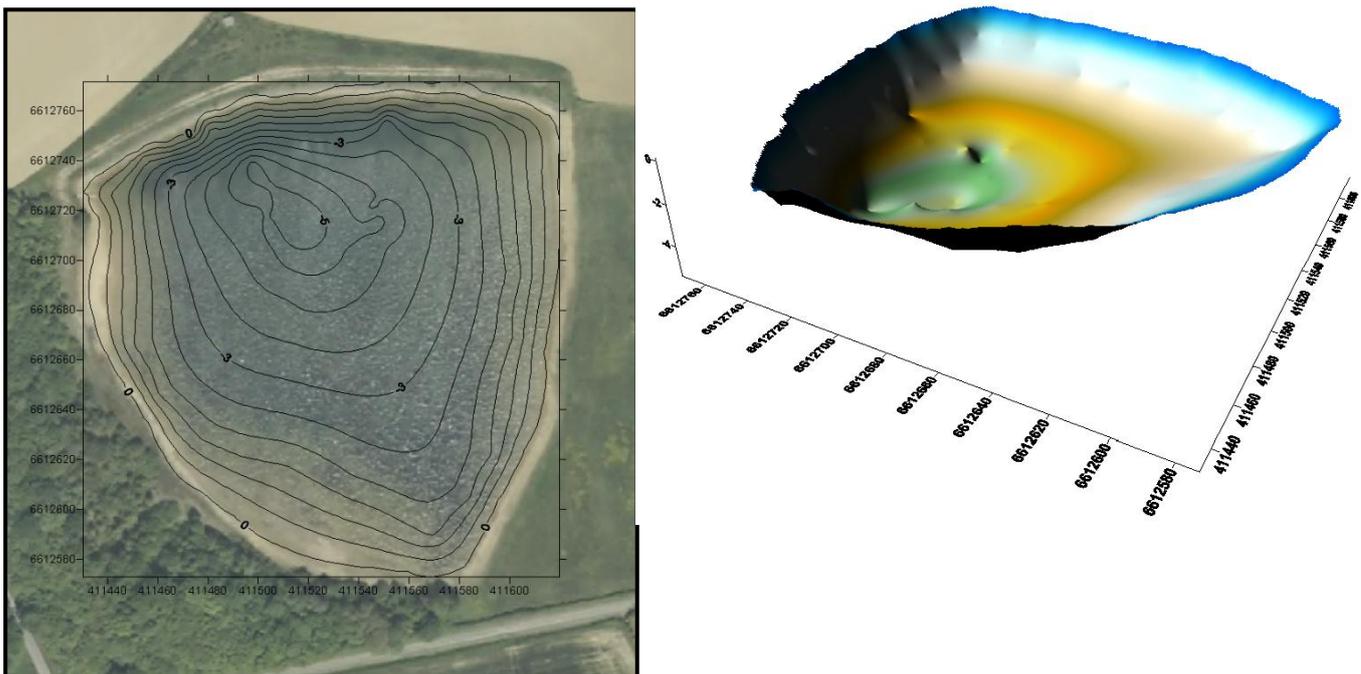
	nombre de points de mesure		temps de réalisation sur la pièce d'eau
	en berge	sur l'eau	
Plan d'eau n°1	66	66	2 h (en enlevant interruption)
Plan d'eau n°2	35	46	1 h
Plan d'eau n°3	0	51	1 h

Tableau 1 - Points de mesures et temps de réalisation pour chacun des plans d'eau

a.3. Courbes bathymétriques et modèles 3D obtenus

Exemple du plan d'eau n°1 :

Figure 11 Courbes bathymétriques et modèle 3D obtenus via Surfer (Golden Software)



a.4. Résultats obtenus

	Capacité : Intégration des points de contour + point de profondeur max	Nb de points (berge + point max dans le plan d'eau)	Capacité : Intégration des points de contour + tous les points de la campagne de terrain	Nb de points (berge + points dans le plan d'eau)	Capacité : Intégration des points de contour + les points de la campagne de terrain ajusté + points de calage	Nb de points (berge + point dans le plan d'eau)
Plan d'eau La Grande Rhée	37 636	66 + 1	74 442	66 + 66	/	/
Plan d'eau La Chaise Boire	1 329	110 + 1	7 028	110 + 78	8 380	110 + 94
Plan d'eau La Lanfrère	8 087	126 + 1	51 111	126 + 52	54 019	126 + 85

Tableau 6 Capacité volumique obtenue via Surfer en changeant le nombre de points de mesures

Voici donc les résultats obtenus après l'interpolation en faisant varier le nombre de points de profondeur utilisés. Les résultats en gras sont les résultats finaux ; c'est-à-dire les résultats obtenus avec l'utilisation de tous les points : points de la campagne de terrain, points délimitant le contour du plan d'eau, et points ajoutés ; hormis pour le premier plan d'eau où tout ajout serait superflu.

a.5. Confrontation des résultats avec les données existantes

	Dossier déclaration	Dires d'acteurs 2005	Dires d'acteurs 2013	Levés bathymétriques 2013
Plan d'eau n°1	entre 4.65 et 4.95 mètres selon plan	4 mètres	/	5,45 mètres
Plan d'eau n°2		3 mètres	4 mètres	1,3 mètres
Plan d'eau n°3		/	7 mètres	3,87 mètres

Tableau 7 Données existantes sur la profondeur maximale des plans d'eau

Cependant, avec un nombre suffisant de levés bathymétriques sur des plans d'eau de morphologies différentes, il serait sans doute possible de faire des statistiques puis d'établir des formules de calcul simples, adaptées à ces différentes morphologies et utilisables sur l'ensemble du bassin à partir d'un minimum de caractéristiques du plan d'eau.

Ces caractéristiques pourraient être : la pente des berges, la hauteur de digue (qui peut donner une information directe sur la profondeur maximale du plan d'eau), la pente du fond du plan d'eau etc.

Ces levés bathymétriques, et la confrontation avec les données existantes ont également montré qu'il est nécessaire de définir précisément les informations souhaitées lors des démarches d'acquisition de données auprès des acteurs. En effet, il semble ici que la profondeur maximale indiquée dans certains cas correspond en fait à la hauteur maximale du barrage jusqu'au point le plus profond du plan d'eau. Or les systèmes de trop pleins des plans d'eau limitent forcément la hauteur d'eau avant d'attendre le sommet d'un barrage.

b. Estimation de la capacité volumique des plans d'eau sur le SAGE de la rivière Vendée par des formules de calcul simplistes

b.1. Données exploitables

La capacité volumique des plans d'eau n'est renseignée que pour 75 plans d'eau par la DDTM 85 (dans les données intégrées dans la base de données), et pour 51 plans d'eau par l'AELB.

Si l'on croise ces données, avec celle des volumes prélevés, on peut définir avec certitude la capacité volumique de 27 plans d'eau. Ce sont principalement des plans d'eau d'irrigation : c'est sur ces plans d'eau que l'on a le plus d'informations.

Pour tous les autres plans d'eau, les seules données actuellement exploitables pour la détermination des volumes sont : la profondeur maximale des plans d'eau (inventaire 2005) et leur surface.

Afin d'estimer la capacité volumique totale contenue sur le bassin versant, il faut donc mettre au point des formules de calcul simples à partir de ces données.

b.2. Un lien entre surface et capacité volumique ?

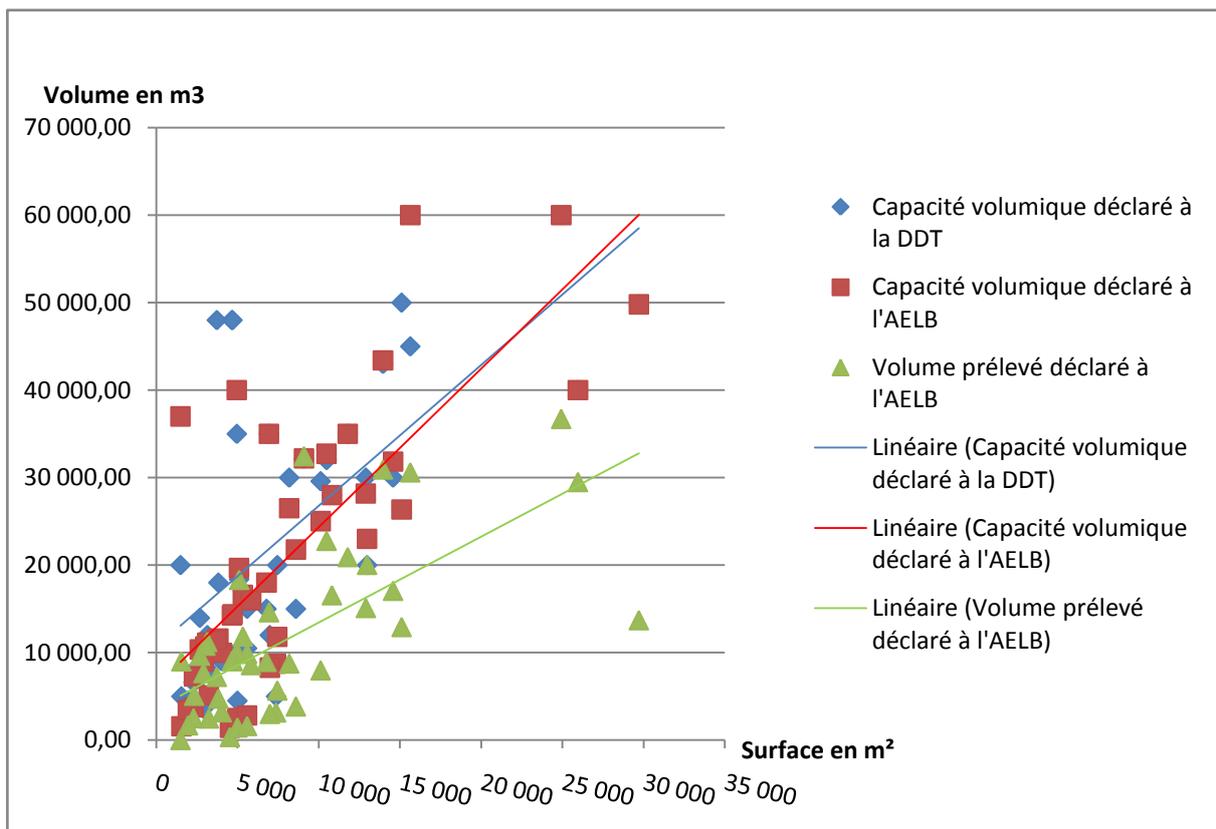


Figure 12 Capacités volumiques des plans d'eau connues à la fois par l'AELB et la DDTM85 en fonction de leur surface

Ce graphique, représentant les capacités volumiques déclarées à la DDT et à l'AELB ainsi que les volumes prélevés de l'AELB montre bien qu'aucun lien ne peut-être établi entre la surface des plans d'eau et leur capacité volumique.

b.3. Estimations des capacités minimales et maximales

Avec les données actuellement disponibles, il semble donc que la seule possibilité est de faire des **estimations simplistes** sur les capacités volumiques minimales et maximales.

La capacité volumique d'un plan d'eau est forcément située entre celle d'un pavé droit et celle d'une pyramide ou d'un cône.



Aussi, on peut noter : **capacité volumique minimale** = $1/3 * \text{surface} * \text{profondeur maximale}$

Et **capacité volumique maximale** = $\text{surface} * \text{profondeur maximale}$

La profondeur maximale n'est définie que pour 631 plans d'eau sur les 1427 répertoriés sur le SAGE Vendée.

Aussi, il est nécessaire de définir une profondeur maximale moyenne pour chaque gamme de surface, en fonction des profondeurs maximales connues.

Ceci se résume par le tableau suivant :

Gamme de surface	Profondeur maximale (m)
< 100 m ²	1,16
100 - 300 m ²	1,55
300 - 500 m ²	1,65
500 - 1000 m ²	1,51
1000 - 2000 m ²	1,84
2000 - 4000 m ²	2,25
4000 - 8000 m ²	2,9
8000 - 15000 m ²	3,30
15000 - 30000 m ²	6,46
> 30 000 m ²	4,7

Tableau 9 Moyenne des profondeurs maximales enregistrées pour chaque gamme de surface

Pour les plans d'eau dont la profondeur maximale est renseignée, c'est celle-là même qui est utilisée dans les formules de calcul.

Pour les autres en revanche, la profondeur maximale associée est la moyenne des profondeurs maximales enregistrées pour la même gamme de surface.

Voici les capacités volumiques minimales et maximales moyennes pour chaque gamme de surface :

Gammes de surface	Moyenne de capacité vol. min	Moyenne de capacité vol. max
< 100 m ²	19,34	58,02
100 - 300 m ²	86,45	259,37
300 - 500 m ²	201,51	604,54
500 - 1000 m ²	324,68	974,06
1000 - 2000 m ²	788,45	2 365,37
2000 - 4000 m ²	1 931,06	5 793,18
4000 - 8000 m ²	4 834,88	14 504,65
8000 - 15000 m ²	10 882,47	32 647,41
15000 - 30000 m ²	26 723,36	80 170,08
> 30 000 m ²	60 227,85	180 683,56
Total général	1933,95	5 801,85

Figure 13 Capacité volumique minimales et maximales moyennes pour chaque gamme de surface

Le problème est que les différences entre capacités volumiques minimales et capacités volumiques maximales prennent énormément d'ampleur lorsqu'elles sont cumulées.

Aussi, la capacité volumique cumulée de l'ensemble des plans d'eau connus est obligatoirement comprise entre **2 773 286 m³** et **8 319 857 m³** ce qui n'apporte pas d'information réellement utilisable.

Pour restreindre cet écart, on peut restreindre les coefficients multipliés à la profondeur et la surface. Deux des plans d'eau mesurés lors de la bathymétrie se rapprochent des morphologies extrêmes qu'un plan d'eau peut avoir : l'un possède des pentes douces avec un point de profondeur maximale, l'autre des pentes abruptes avec un fond assez régulier.

On peut donc calculer les coefficients de la manière suivante : **$V / (Z_{max} * S)$**

où V est la capacité volumique obtenue par bathymétrie ; Z_{max} la profondeur maximale et S la surface du plan d'eau.

Les coefficients obtenus sont les suivants : **0,6248** pour le plan d'eau rectangulaire au fond plus ou moins régulier, et **0,4597** pour le plan d'eau de type ellipsoïde avec un point de profondeur maximale bien marqué.

Avec le troisième plan d'eau, on obtient un coefficient de **0.5599**. Il se situe donc bien entre les deux précédents coefficients.

Même si **l'échantillonnage** de plans d'eau mesurés **n'est pas suffisant** pour garantir la fiabilité de ces coefficients, on peut raisonnablement penser que la capacité volumique d'un

plan d'eau est comprise entre **0.45*profondeur maximale*surface** et **0.65 * profondeur minimale * surface**.

Avec ces coefficients, on obtient une capacité volumique cumulée comprise entre : **4 159 929 m³** et **6 008 786 m³** soit : **5 084 357 ± 924 429 m³**.

b.4. Perspectives

D'autres études de bathymétrie selon une méthode simple comme celle proposée précédemment, ou avec du matériel sophistiqué comme un radar (demandant donc un effort financier plus important) pourraient permettre de conforter les coefficients proposés ci-dessus ou du moins de fixer des coefficients pour des estimations de capacités volumiques minimales et maximales sur le bassin-versant. Deux scénarii pourraient donc être proposés pour les études d'impacts des plans d'eau ou l'étude sur les volumes prélevables.

Autrement, il serait possible d'utiliser la méthode EMV (*estimated maximum volume*) mise au point par l'ASLD en 1979 en Arizona, et republiée dans diverses études (Hydrology and Water Resources of the Southwest, Young, 1996 ; Hydrology of Stockwatering ponds in Arizona, Young, 1996). Cette méthode classe les plans d'eau selon diverses catégories selon leur géométrie, et leur forme en 3 dimensions. Cette méthode a l'avantage d'utiliser des formules simples, et de décrire un éventail de formes de plans d'eau conséquent, mais nécessite des informations qui ne peuvent être connues que par une méthode de bathymétrie, ou pas approximation selon la connaissance des propriétaires ou exploitants comme : la profondeur maximale, la largeur du fond du plan d'eau en amont et/ou en aval etc....

Conclusion

La prolifération des plans d'eau provoque de nombreux déséquilibres au niveau des systèmes hydrologiques et de la biodiversité. Ils accentuent dangereusement les étiages, rompent la continuité écologique, remplacent des écosystèmes et dégradent la qualité des eaux.

Cette thématique, auparavant peu prise en compte, est de plus en plus d'actualité et devient primordiale, notamment dans l'optique d'une étude sur les volumes prélevables en Zone de Répartition des Eaux.

La base de données créée au cours du stage, associée aux procédures nécessaires à son alimentation, permet une fine caractérisation des plans d'eau et des différents éléments qui les composent ou qui y sont liés. Ce premier travail, associé à la participation d'un comité de suivi lance sans doute le début d'une longue étude sur le sujet.

La gestion et l'organisation du projet n'ont pas toujours été évidentes du fait des différents niveaux de complexité que pose la problématique des plans d'eau. Aussi, beaucoup d'objectifs, ou de sous-objectifs ont été abandonnés au cours du stage et réduit à une approche de certaines caractéristiques liées aux quantités. Mais la diversité des tâches à réaliser fut une expérience très enrichissante qui m'a permis d'acquérir de nouvelles compétences.

Les nombreux contacts avec les élus municipaux et les différents partenaires et acteurs m'ont permis d'évaluer l'importance de la communication dans les problématiques environnementales de ce type, et de comprendre la diversité des points de vue et des enjeux de chacun.

La problématique des plans d'eau doit être étudiée dans son ensemble comme cela a été le cas au cours du stage, et non pas par type de plan d'eau. C'est notamment par la caractérisation précise des modes d'alimentation des plans d'eau et la connaissance de leur capacité volumique que pourra se faire la quantification des impacts cumulés de façon précise, via l'utilisation d'un modèle global pluie-débit à réservoirs.

Bibliographie

Arrêté inter-préfectoral n° 11-DDTM-348 du 18 avril 2011 approuvant le SAGE du bassinversant de la rivière Vendée

BENDJOUDI H., 2003. Fonctionnement hydrologique des zones humides. *Zones humides infos*, SNPN, 41, 4-7.

BLEHER N., 2000. La législation des plans d'eau nuisibles à l'environnement est – elle efficace ? Rapport de stage de Maîtrise. DDAF Ille et Vilaine, 173p + annexes.

BOUTET-BERRY L., 2000. La problématique plan d'eau. CSP Délégation Régionale Centre, Pays de la Loire, Poitou-Charentes, 36p.

CIZEL O., 2003. Introduction d'espèces exotiques et dégâts des espèces protégées. *Zones humides infos*, SNPN, 39, 19-23.

CLE du SAGE Vendée, 31 janvier 2011, Schéma d'aménagement et de gestion des eaux du bassin de la rivière Vendée, 122 p.

CLE du SAGE Vendée, Modalités d'inventaire des zones humides sur le périmètre du SAGE Vendée, 70 p.

CLEMENT J.-C., 2001. Guide d'orientation méthodologique pour l'inventaire des zones humides sur le bassin de la Vilaine. SAGE Vilaine, Groupe de travail du CAREN. 28p.

Collectif, 2011, Guide d'utilisation du logiciel GWERN, Version 4, Forum des Marais Atlantiques, 56 p.

Comité de bassin Loire-Bretagne. Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux - Sdage - du bassin Loire-Bretagne, 2010-2015 [coordination, DREAL Centre bassin Loire-Bretagne, Agence de l'eau Loire-Bretagne]. - Orléans : DREAL Centre, bassin Loire-Bretagne : Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2009. - 3 vol. (248, 120, 104 p.)

CORINE biotopes, 1997 - Version originale - *Types d'habitats français*. ENGREF Nancy. 217 p.

CUDENNEC C., SARRAZA M., DUCHESNE J., 2004, Quantification de l'impact de la multiplication des retenues collinaires sur la ressource en eau, pp. 21-27

CUDENNEC C., SARRAZA M., NASRI S., 2004, Modélisation robuste de l'impact agrégé de retenues collinaires sur l'hydrologie de surface. *Revue des Sciences de l'Eau*, 17, 2, pp. 181-194.

DDAF, 2004. Les plans d'eau. Règles et conseils. 7p.

Dr. PERRIN L., 2011, *Gestion de la ressource en eau : Incidence des étangs et autres plans d'eau*.

GABRIEL, Gaëlle, *Inventaire des plans d'eau – Territoire du SAGE du bassin de la rivière Vendée*, 2005. Rapport de stage Master II Système d'Information Géographique et Aménagement des Territoires.

INSTITUTION INTERDEPARTEMENTALE DU BASSIN DE L'ORNE, 2003. Recensement des plans d'eau sur le périmètre ornaï des SAGE aval – Seullès et Orne moyenne, complément et mise à jour d'inventaire. Cahier des charges. 8p.

INSTITUTION INTERDEPARTEMENTALE DU BASSIN DE LA SEVRE NIORTAISE, 2003. Le S.A.G.E. du bassin de la rivière Vendée. Etat des lieux – première étape d'élaboration du SAGE. 99p + annexes.

LE LOUARN H. & NEVEU A., 2001. Les étangs et la ressource en eau – Evolution et gestion de la qualité des écosystèmes aquatiques. INRA, 151-168.

MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE, 2004. 16 décembre 1964 – 16 décembre 2004 : 40 ans de politique de l'eau. Dossier de Presse. 21p.

PAYAN, J.-L., C. PERRIN, V. ANDRÉASSIAN, and C. MICHEL (2008); How can man-made water reservoirs be accounted for in a lumped rainfall-runoff model ?, *Water Resour. Res.*, 44, W0342, doi:10.1029/2007WR005971.

PHE C., 2012, *Déconnexion des plans d'eau sur cours d'eau : Etat des lieux et approche stratégique*. DDTM 85

PIPET N., BARON X., 2012, Guide de terrain – Les principales espèces exotiques envahissantes du Marais poitevin –Flore et Faune-, IIBSN, PIMP

POITOU-CHARENTES NATURE, 2003. Les Mares du Poitou-Charentes.

SAFEGE, 2013, *Etude sur la gestion quantitative de la ressource en eau sur le territoire du SAGE « Evre Thou Saint-Denis »*.

SANDRE (Système d'Information sur l'Eau), 2005, Tout droit réservé. DESCRIPTION DES DONNEES. SUR LES PLANS D'EAU. Thème : PLANS D'EAU. 44 p.

TANNY J., COHEN S., ASSOULINE S., LANGE F., GRAVA A. , BERGER D., TELTCH B., Parlange M.B., *Evaporation from a small water reservoir: Direct measurements and estimate*, 2007.

TRINTIGNAC P., BOUIN N., KERLEO V., LE BERRE M., *Guide des bonnes pratiques pour la gestion piscicole des étangs dans les Pays de la Loire*, 2004-2013.

TRINTIGNAC P., COTINAUD-LHUILIER J., BRISARD J-F, 2008, *Evolutions géographiques et sociales des étangs et autres plans d'eau artificiels dans la région des pays de la Loir.*

TRINTIGNAC P., KERLEO V., 2004, *Impacts des étangs à gestion piscicole sur l'environnement. Etude de synthèse bibliographique*. SMIDAP, 63p.

- Sites web consultés

<http://ct83.espaces-naturels.fr/gestion-des-etangs-pour-la-biodiversite>

<http://ct83.espaces-naturels.fr/gestion-des-etangs-pour-la-biodiversite>

<http://www.fao.org/home/>

<http://www.legifrance.gouv.fr/>

http://www.limousin.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/fiche_techniques_etang.pdf

http://www.limousin.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/fiche_techniques_etang.pdf

http://www.smarl.fr/riviere-largue/wp-content/uploads/2012/02/Fiche-Q-Prise_eau.pdf

http://www.smarl.fr/riviere-largue/wp-content/uploads/2012/02/Fiche-Q-Prise_eau.pdf

<http://www.smidap.fr/>

<http://www.zoneshumides29.fr>

Annexes

ANNEXE 1.	SDAGE Loire Bretagne : dispositions spécifiques aux plans d'eau	69
ANNEXE 2.	Fiche de stage	70
ANNEXE 3.	Questionnaire d'acteurs.....	71
ANNEXE 4.	Fiche de terrain	72
ANNEXE 5.	Fiches de terrain étude bathymétrique	73
ANNEXE 6.	dictionnaire de données	74
ANNEXE 7.	modèle conceptuel de données.....	75
ANNEXE 8.	procédure de mise à jour.....	76
ANNEXE 9.	questionnaire téléphonique.....	77
ANNEXE 10.	règles de priorisation des entrées et sorties d'eau	78
ANNEXE 11.	note sur les levés bathymétriques.....	79

ANNEXE 1. SDAGE Loire Bretagne : dispositions spécifiques aux plans d'eau

1- Repenser les aménagements de cours d'eau

L'artificialisation des milieux perturbe les habitats et les conditions de reproduction et de circulation des espèces vivant dans les rivières et plans d'eau. Elle provient :

- des modifications physiques des milieux aquatiques : aménagements des berges, recalibrages, chenalisation, seuils en rivières, création d'étangs, destruction de zones humides...
- des modifications du régime des cours d'eau comme les régulations de débits, prélèvements, dérivations et éclusées.

Ces modifications sont liées à de nombreuses activités comme l'hydroélectricité, l'agriculture, la navigation, les aménagements de loisirs liés à l'eau, l'extraction de granulats, la construction d'infrastructures de transport...

L'érosion des sols, phénomène naturel aggravé par certaines activités humaines, est également responsable de la dégradation des milieux (colmatage des substrats).

Ces altérations de l'intégrité physique des milieux sont la première cause des difficultés à atteindre le bon état écologique des cours d'eau en 2015.

Les quatre orientations principales suivantes devront être mises en œuvre :

- empêcher toute détérioration des milieux, entendue selon l'article R.212-13 du code de l'environnement comme le changement de classe d'état ;
- restaurer les cours d'eau dégradés ;
- favoriser la prise de conscience des maîtres d'ouvrage et des habitants ;
- améliorer la connaissance des phénomènes et de l'effet attendu des actions engagées.

En outre certains types de pressions aux conséquences domageables potentiellement importantes pour les milieux aquatiques devront faire l'objet d'une attention particulière :

- les plans d'eau,
- l'extraction de granulats,
- les espèces envahissantes.

Les orientations et dispositions développées ci-dessous sont à relier à celles relatives à la circulation des poissons migrateurs figurant dans le chapitre 9.

1A Empêcher toute nouvelle dégradation des milieux

Objectif à part entière de la directive cadre sur l'eau, la non détérioration de l'existant s'impose logiquement comme un préalable à tous travaux sur les cours d'eau. Il ne s'agit pas d'interdire tout nouvel aménagement mais de prévoir les mesures suffisantes pour compenser les effets négatifs des projets. L'outil réglementaire, au travers de la police de l'eau, est privilégié pour mettre en œuvre cette orientation.

La notion d'entretien est définie par l'article L.215-14 du code de l'environnement :

« L'entretien régulier a pour objet de maintenir le cours d'eau dans son profil d'équilibre, de permettre l'écoulement naturel des eaux et de contribuer à son bon état écologique ou, le cas échéant, à son bon potentiel écologique, notamment par enlèvement des embâcles, débris et atterrissements, flottants ou non, par élagage ou recépage de la végétation des rives. »

Le recours au curage constitue une modification du profil d'équilibre et doit être fortement limité. Il ne pourra concerner que les objectifs suivants :

- remédier à un dysfonctionnement du transport naturel des sédiments de nature à remettre en cause les usages visés au II de l'article L. 211-1, à empêcher le libre écoulement des eaux ou à nuire au bon fonctionnement des milieux aquatiques ;
- lutter contre l'eutrophisation ;
- aménager une portion de cours d'eau, canal ou plan d'eau en vue de créer ou de rétablir un ouvrage ou de faire un aménagement.

Les dispositions ci-après sont relatives aux opérations relevant du code de l'environnement, notamment celles relatives au titre 3 de la nomenclature annexée à l'article R.214-1 (installations, ouvrages, travaux ou activités dans le lit des cours d'eau et pouvant avoir des « impacts sur le milieu aquatique ou sur la sécurité publique »).

Dispositions

1A-1 Lorsque les mesures envisagées ne permettent pas de réduire significativement ou de compenser les effets négatifs des projets pour respecter l'objectif des masses d'eau concernées, ceux-ci font l'objet d'un refus, à l'exception des projets répondant à des motifs d'intérêt général (projets inscrits dans le Sdage, relevant du VII de l'article L.212-1 et des articles R.212-7 et R.212-11 du code de l'environnement).

1A-2 Les opérations d'entretien de cours d'eau relevant de la nomenclature eau (rubrique 3.2.1.0) seront réalisées dans le respect des objectifs et principes définis aux articles L.215-14 et L.215-15 du code de l'environnement.

Les travaux d'entretien des cours d'eau seront réalisés de façon notamment à :

- dans les zones urbanisées, ne pas exhausser les lignes d'eau en crues, voire les abaisser si possible,
- maintenir la ligne d'eau à l'étiage afin de préserver les usages en aval (prises d'eau), les fonctionnalités des écoulements (auto-entretien du lit mineur) et de lutter contre l'érosion à la base des digues et des piles de pont,
- maintenir en bon état les écosystèmes, voire les restaurer et mettre en valeur le patrimoine naturel et paysager : forêts alluviales, milieux associés... y compris en zone urbaine (berges végétalisées).

Les matériaux extraits sont remis dans le lit mineur sauf impossibilité ou contre-indications majeures démontrées dans le dossier, notamment en raison de leur mauvaise qualité. Dans ce cas, la destination envisagée des matériaux est précisée.

1A-3 Toute intervention engendrant des modifications morphologiques de profil en long ou en travers est fortement contre-indiquée si elle n'est pas justifiée par des impératifs de sécurité, de salubrité publique ou d'intérêt général, ou par des objectifs de maintien ou d'amélioration de la qualité des écosystèmes.

Les travaux concernés ne doivent intervenir qu'après étude, dans la rubrique « raisons du projet » et « analyse de l'état initial de l'environnement » de l'étude d'impact, ou dans la rubrique « objet des travaux envisagés » du dossier « loi sur l'eau », des causes de l'envasement, et il est fortement recommandé que les alternatives (effacements et

ouverture des ouvrages, renaturation du lit...) soient examinées dans ces mêmes rubriques. Les choix retenus devront être justifiés.

1B Restaurer la qualité physique et fonctionnelle des cours d'eau

La restauration de la qualité physique et fonctionnelle des cours d'eau suppose d'intervenir dans tous les domaines qui conditionnent l'habitat des espèces vivant dans les rivières. De manière simplifiée il s'agit de permettre à la dynamique fluviale, moteur du bon fonctionnement de l'hydrosystème, de s'exprimer. Les actions à conduire portent sur :

- le régime hydrologique : respect de débits minimaux en étiage, maintien ou restauration de crues morphogènes ;
- la continuité de la rivière, c'est-à-dire la capacité à garantir la libre circulation des espèces biologiques et le transport des sédiments ;
- les caractéristiques morphologiques : fuseaux de mobilité permettant la divagation de la rivière, liaison avec les annexes hydrauliques, état et stabilité des berges, préservation ou restauration des zones de frayères...
- la maîtrise de l'érosion.

Une attention particulière doit être portée aux têtes de bassin versant dont le bon état fonctionnel est particulièrement important pour l'ensemble du bassin, ainsi qu'à la gestion des retenues structurantes existantes.

La définition précise des actions de restauration suppose des études particulières, cours d'eau par cours d'eau. Il ne s'agit pas de revenir à un état quasi naturel, incompatible avec les activités humaines (l'objectif n'est pas d'atteindre le très bon état écologique), mais de parvenir au bon état écologique, sauf dérogations dûment justifiées.

Dispositions

1B-1 En application des articles L. 212-5-1 et L. 212-5-2 du code de l'environnement, et lorsque l'état des lieux établi en application de la directive cadre sur l'eau a diagnostiqué la présence d'obstacles entravant la libre circulation des espèces et le transport des sédiments, le Sage comporte un plan d'actions identifiant les mesures nécessaires à la restauration de la continuité écologique du cours d'eau. Le règlement tient compte, notamment, des masses d'eau fortement modifiées situées sur le bassin.

Le Sage identifie les ouvrages qui doivent être effacés, ceux qui peuvent être arasés ou ouverts partiellement, ceux qui peuvent être aménagés avec des dispositifs de franchissement efficaces, et ceux dont la gestion doit être adaptée ou améliorée (ouverture des vannages...). Il comprend un objectif chiffré et daté pour la valeur du taux d'étagement du cours d'eau, défini comme le rapport entre la somme des hauteurs de chutes artificielles créées en étiage par les obstacles transversaux et le dénivelé naturel du cours d'eau.

1B-2 Toute opération de restauration, modification ou de création d'ouvrage transversal dans le lit mineur des cours d'eau fait l'objet d'un examen portant sur l'opportunité du maintien ou de la création de l'ouvrage par rapport, d'une part aux objectifs de la gestion équilibrée de la ressource en eau mentionnés à l'article L.211-1 du code de l'environnement, d'autre part aux objectifs environnementaux des masses d'eau et axes migratoires concernés, fixés dans le

Sdage.

La création d'un nouvel ouvrage ne relevant pas des projets répondant à des motifs d'intérêt général au sens de l'article 4.7 de la directive cadre sur l'eau et de l'article R.212-7 alinéa 2 du code de l'environnement, provoquant une chute artificielle en étiage, ne peut être autorisée qu'après démonstration de l'absence, sur le même bassin versant, d'alternatives meilleures sur le plan environnemental et d'un coût non disproportionné.

Les mesures compensatoires présentées par le maître d'ouvrage prévoient, dans le même bassin versant, des actions d'effacement ou d'arasement partiel ou toute autre solution permettant de retrouver des conditions équivalentes de transport des sédiments, de diversification des habitats, de vitesse de transfert des eaux (retardant la production de phytoplancton) et de circulation piscicole.

A défaut la compensation porte sur une réduction cumulée de chutes artificielles d'au moins 200 %, en cherchant une continuité linéaire la plus importante possible, sur le même bassin versant ou en dernier recours sur un autre immédiatement voisin.

Les deux alinéas précédents relatifs aux mesures compensatoires ne s'appliquent pas aux ouvrages existants, légalement autorisés, dont l'usage a été suspendu pour des raisons de sécurité publique.

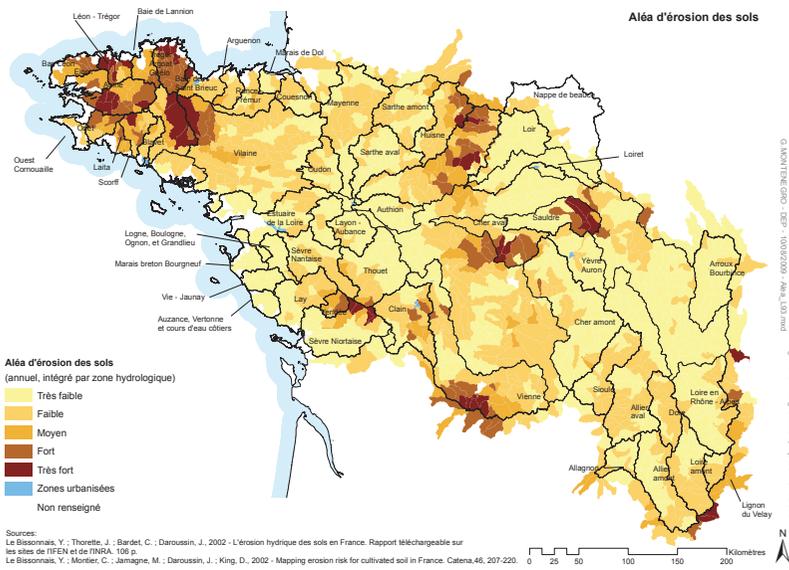
1B-3 Lorsque l'atteinte du bon état dépend du bon fonctionnement de la zone de mobilité du cours d'eau, le Sage identifie les zones de mobilité et propose les servitudes d'utilité publique qu'il lui semble nécessaire d'instituer, conformément à l'article L.211-12 du code de l'environnement. En l'absence de Sage, le préfet du département délimite cette zone de mobilité.

1B-4 Dans les zones d'érosion des sols à aléa fort ou très fort indiquées dans la carte ci-après ainsi que dans les bassins versants de plans d'eau listés à la disposition 3B-1, le préfet délimite en application du 5° du II de l'article L.211-3 du code de l'environnement les zones dans lesquelles l'érosion diffuse des sols agricoles est de nature à compromettre la réalisation des objectifs de bon état ou de bon potentiel. S'agissant du risque d'émission de phosphore, il est aussi tenu compte de la teneur des sols. Le préfet établit le programme d'actions mentionné dans ce même article du code de l'environnement.

1C Limiter et encadrer la création de plans d'eau

Les plans d'eau ont de nombreuses fonctions : loisirs, pêche, réserves pour l'irrigation... Ils sont souvent une composante de la culture locale et jouent un rôle social réel. Toutefois, leur multiplication entraîne des conséquences néfastes sur les milieux aquatiques, parfois difficilement réversibles. C'est pourquoi il convient d'encadrer plus précisément la création et l'exploitation des plans d'eau relevant de la nomenclature des activités visées aux articles L.214-2 et L.214-3 du code de l'environnement.

Pour les plans d'eau existants, il est nécessaire de sensibiliser les propriétaires sur l'importance d'un entretien régulier des ouvrages visant à diminuer l'impact des vidanges sur l'environnement et empêcher l'introduction d'espèces indésirables dans l'environnement : poissons, écrevisses de Louisiane...



Pour les ouvrages dangereux pour la sécurité publique ou sans usage avéré (c'est-à-dire sans usage économique ou de loisirs collectifs) des remises aux normes ou des suppressions (destruction ou ouverture de digues...) seront à prévoir.

Les dispositions 1C-1 à 1C-4 ne concernent pas les réserves de substitution (voir au chapitre n°7 « maîtriser les prélèvements »), les plans d'eau de barrages destinés à l'alimentation en eau potable et à l'hydroélectricité relevant de l'article 4-7 de la DCE, les lagunes de traitement des eaux usées et les plans d'eau de remise en état de carrières.

La disposition 1C-2 ne concerne pas les retenues collinaires pour l'irrigation.

Dispositions

1C-1 Pour les projets de plans d'eau ayant un impact sur le milieu, les demandes de création devront justifier d'un intérêt économique et/ou collectif.

1C-2 La mise en place de nouveaux plans d'eau n'est autorisée qu'en dehors des zones suivantes :

- les bassins versants classés en zone de répartition pour les eaux superficielles,
- les bassins versants où il existe des réservoirs biologiques,
- les secteurs où la densité des plans d'eau est déjà importante, sur la base d'une cartographie élaborée par le préfet, en concertation avec la commission locale de l'eau si elle existe. La densité importante des plans d'eau sur un secteur est caractérisée par tous critères localement pertinents comme par exemple :
1) la superficie cumulée des plans d'eau est supérieure à 5 % de la superficie du bassin versant,
2) le nombre de plans d'eau est supérieur à 3 par km².

Le critère de densité ne s'applique pas pour les plans d'eau en chaîne (type Brenne), où un plan d'eau se remplit par le plan d'eau situé immédiatement en amont et se vidange dans le plan d'eau immédiatement en aval.

1C-3 La mise en place de nouveaux plans d'eau ou la régularisation de plans d'eau ni déclarés ni autorisés sera possible sous réserve :

- que ceux-ci soient isolés du réseau hydrographique par un canal de dérivation avec prélèvement du strict volume nécessaire à leur usage, ou alimentés par ruissellement ;
- que les périodes de remplissage et de vidange soient bien définies au regard du débit du milieu, sans pénaliser celui-ci notamment en période d'étiage, et suffisamment longues,
- que les plans d'eau soient équipés de systèmes de vidange pour limiter les impacts thermiques et équipés également d'un dispositif permettant d'évacuer la crue centennale, de préférence à ciel ouvert ;
- que la gestion de l'alimentation et de la vidange des plans d'eau en dérivation du cours d'eau soit optimisée au regard du transit sédimentaire de sorte de ne pas compromettre l'atteinte des objectifs environnementaux des masses d'eau influencées ;
- qu'un dispositif de piégeage des espèces indésirables soit prévu.

1C-4 Dans les secteurs de densité importante définis par la carte visée au 1C-2, les plans d'eau existants respectent, sauf impossibilité technique, les dispositions définies au 1C-3. Cette remise aux normes commence par les plans d'eau ayant le plus fort impact sur le milieu.

Les plans d'eau dangereux pour la sécurité publique et sans usage avéré sont sécurisés et remis aux normes ou supprimés (destruction ou ouverture de digues...).

1D Limiter et encadrer les extractions de granulats alluvionnaires en lit majeur

L'exploitation des granulats alluvionnaires dans le lit majeur des cours d'eau, bien qu'ils offrent des qualités mécaniques intéressantes notamment pour la fabrication des bétons, peut porter atteinte aux milieux aquatiques par consommation de matériaux non renouvelables, dans lesquels circulent les nappes, assurant une filtration et une épuration de ces nappes. De plus les vallées alluvionnaires sont des espaces tampons de régulation des débits des cours d'eau, des zones de dénitrification, et sont très souvent occupées par des espèces remarquables.

Les carrières de granulats alluvionnaires sont des installations ou activités qui relèvent du code de l'environnement, et plus précisément de son Livre V relatif aux installations classées pour la protection de l'environnement. L'extraction des granulats est interdite dans le lit mineur des cours d'eau par l'arrêté du 22 septembre 1994 (nappes alluviales) à l'exception des opérations qui ont pour vocation première l'aménagement ou l'entretien des cours d'eau.

Le Sdage de 1996 préconisait une réduction de l'extraction des granulats en lit majeur et l'arrêté ministériel du 24 janvier 2001 a interdit l'extraction des granulats dans l'espace de mobilité des cours d'eau (concernant les nappes alluviales).

Dans la ligne directrice du Sdage précédent, il convient de préciser pour les projets de carrières de granulats alluvionnaires en lit majeur en dehors de l'espace de mobilité du cours d'eau :

- les modalités de réduction des extractions sur le long terme,
- les aspects économiques de ces extractions,
- les politiques incitatives à mettre en place,
- les conditions d'implantation et d'exploitation de ces carrières.

On trouvera dans le chapitre n°10 consacré au littoral les dispositions relatives à l'extraction des granulats marins.

Dispositions

1D-1 Contenu des dossiers de demande d'exploitation des carrières de granulats alluvionnaires en lit majeur relevant de la rubrique 2510 de la nomenclature des installations classées

L'étude d'impact doit être conforme aux dispositions réglementaires. Elle doit notamment, à titre spécifique, contenir les éléments suivants :

- la situation du projet par rapport à l'espace de mobilité du cours d'eau et la nappe alluviale. L'appréciation de l'espace de mobilité sera fondée sur l'évolution historique du cours d'eau et de la présence des ouvrages et aménagements significatifs, à l'exception des ouvrages et aménagements à caractère provisoire, faisant obstacle à la mobilité du lit mineur. Cette évaluation sera conduite sur un secteur représentatif du fonctionnement géomorphologique du cours d'eau en amont et en aval du site de la carrière, sur une longueur minimale totale de 5 kilomètres. Pour les cours d'eau disposant de levées, l'espace de mobilité est, sauf exception, délimité par les levées physiquement identifiables.

- L'impact sur le fonctionnement de la nappe, notamment en fonction de la géométrie et de l'orientation de la carrière, et les risques de pollution de celle-ci par le projet.
- Les caractéristiques des matériaux de remblais qui doivent permettre l'écoulement de la nappe et l'érosion fluviale.
- Si la carrière est réaménagée en plan d'eau, l'impact de la présence de celui-ci sur l'écoulement en provenance des sources et, s'il existe déjà des plans d'eau sur le même secteur, l'impact cumulé de ceux-ci.
- La justification des distances de la carrière au cours d'eau, et aux levées de protection contre les crues pour ne pas leur porter atteinte.
- Si le projet est de nature à affecter de façon notable un site Natura 2000, une évaluation des incidences du projet en application de l'article L.414-4 du code de l'environnement et selon les modalités définies par les articles R.214-34 à R.214-39 du code de l'environnement et les mesures compensatoires prévues.
- Les conditions de remise en état qui doivent impérativement comporter l'étude d'un scénario de remblaiement partiel ou total par des matériaux inertes.

1D-2 Application du principe de réduction des extractions de granulats alluvionnaires en lit majeur

L'objectif de réduction des extractions de granulats est de 4 % par an, mesurée par rapport aux arrêtés d'autorisation en cours à l'échelle de la région.

Pour mettre en œuvre cet objectif, chaque préfet de département s'assure que les autorisations qu'il accorde respectent ce taux de décroissance dans son département.

Dans l'hypothèse d'une demande d'autorisation qui, au niveau du département, ne respecterait pas cette décroissance, le préfet de département réduit les quantités d'extraction annuelle ou s'assure avec les autres préfets de la région du respect de cette disposition au niveau régional.

Pour procéder à cette évaluation sont définis :

- Un indice granulats autorisés année n « IGA » : tonnage maximum de granulats dont l'extraction est annuellement autorisée, défini par la somme des tonnages annuels maximum autorisés de chacun des arrêtés de carrières de granulats alluvionnaires en vigueur l'année n au sein de la région. Cet indice est mis à jour au 1^{er} mars et au 1^{er} septembre de chaque année.
- Un indice granulats autorisables année n « IGAB » : indice granulats autorisables année (n-1) - 4 %. Le préfet de département apprécie ce critère à la signature de l'acte statuant sur la demande. L'indice granulats autorisables de référence est égal à la somme des tonnages maximum de granulats dont l'extraction est autorisée par les arrêtés en vigueur au 01/01/2005 diminuée de 4 % par an. Cet indice est actualisé le 1^{er} janvier de chaque année.

Les autorisations de carrières de granulats ou les renouvellements d'autorisation (pour les carrières situées en dehors de l'espace de mobilité) ne pourront être délivrés chaque année que dans la limite fixée ci-dessous :

Σ tonnages autorisés annuellement dans la région par les autorisations délivrées au cours de l'année n \leq IGAB année n - IGA année n

1D-3 Dispositions d'ordre économique

La réduction des extractions en lit majeur doit demeurer un objectif constant, tout en garantissant l'approvisionnement durable des marchés en matériaux de carrières. La production de ces matériaux est mesurée par des indicateurs régionaux.

La limitation des extractions entre les limites du lit majeur et de l'espace de mobilité ne doit pas provoquer une situation de pénurie susceptible de transférer des impacts sur l'environnement ou d'en créer de nouveaux, dans des proportions jugées inacceptables.

La réduction effective des extractions sera suivie par des observatoires régionaux des matériaux de carrières qui devront être mis en place sur l'ensemble du bassin Loire-Bretagne dans l'année suivant l'adoption du Sdage. Les observatoires régionaux de matériaux de carrières, existants ou à créer, devront permettre de vérifier l'impact de la réduction de l'extraction des granulats sur l'approvisionnement des marchés et les risques de pénurie, à partir de données sur les matériaux effectivement extraits, les autorisations délivrées et les besoins exprimés. Ces observatoires associeront à leurs travaux, au moins, des représentants de la profession, de l'Etat (DREAL, agence de l'eau Loire-Bretagne) et des représentants des associations.

En s'appuyant sur les travaux des observatoires régionaux, les services de l'Etat établissent un bilan annuel permettant :

- de mesurer la décroissance effective des tonnages annuels maximum autorisés pour les extractions de granulats alluvionnaires en lit majeur,
- de quantifier les granulats alluvionnaires extraits par département,
- d'apporter aux préfets de département tous les éclairages prospectifs nécessaires au respect de l'objectif de décroissance du Sdage et à la satisfaction des besoins.

1D-4 Utilisation de matériaux de substitution

La ressource en matériaux d'origine alluviale participe aujourd'hui essentiellement à l'élaboration des sables et graviers destinés aux bétons et ouvrages de génie civil. Compte tenu de la disparité géologique des régions, il est en général très difficile de trouver des matériaux de substitution aux sables. Il est donc important de vérifier l'évolution de la substitution par produit.

L'attention des maîtres d'ouvrage sera attirée sur la nécessité, pour la rédaction des cahiers des charges d'appels d'offres, de recommander autant que possible l'utilisation de matériaux de substitution aux matériaux alluvionnaires de bonne qualité, notamment dans les comblements de fouilles et les travaux routiers dont les consommations de granulats ne peuvent plus être supportées sans dommages par les zones fluviales.

Dans les dossiers d'enquêtes publiques relatives à des travaux, les maîtres d'ouvrage publics ou leurs maîtres d'œuvre devront, s'ils estiment nécessaire de recourir aux granulats alluvionnaires, apporter la preuve qu'il n'est pas possible d'employer des matériaux de substitution.

1D-5 Restrictions à la délivrance des autorisations de carrières de granulats alluvionnaires en lit majeur

De nouvelles autorisations d'exploitation de carrières de granulats alluvionnaires ne pourront pas être délivrées :

- dans les zones de vallées ayant subi une très forte extraction ; les schémas des carrières définissent ces zones.
- si l'implantation des carrières et/ou des installations a des conséquences négatives sur l'écoulement des crues, notamment dans les zones de grand écoulement définies dans les plans de prévention du risque d'inondations (PPRI) ou les atlas des zones inondables. A défaut de l'existence de PPRI ou d'atlas des zones inondables, les zones de grand écoulement sont celles soumises à des vitesses de l'ordre de 1m/s ou plus (article 11.2 de la circulaire du 2 juillet 1996 7^e alinéa).
- si l'exploitation de la carrière implique des mesures hydrauliques compensatrices (protection de berges, endiguement...).

1D-6 Prescriptions à prendre en compte dans les arrêtés d'autorisation de carrières de granulats en lit majeur

Les arrêtés d'autorisation préciseront entre autres :

- les distances aux digues quand le lit majeur est endigué, sur la base des justifications apportées dans l'étude d'impact de façon à ce que l'exploitation de la carrière n'entraîne pas une fragilisation des digues,
- les mesures prévues en exploitation et dans le cadre de la remise en état pour préserver l'écoulement des sources, des nappes, les zones Natura 2000 et les zones humides sur la base de l'étude d'impact et des évaluations d'incidence.

Voir les dispositions 1A-2 et 1A-3 pour les opérations en lit mineur de cours d'eau.

1E Contrôler les espèces envahissantes

La prolifération d'espèces exotiques envahissantes (végétales ou animales) est une menace pour l'état écologique des rivières et zones humides du bassin, de nature à empêcher l'atteinte des objectifs environnementaux fixés par la directive cadre sur l'eau. Mais bien avant cette dernière, plus de trente conventions, accords et traités internationaux, notamment la Convention de Berne (1979) et la Convention sur la diversité écologique (1992), ont demandé aux parties contractantes de mettre en place les mesures pour contrôler et éradiquer les espèces exotiques envahissantes.

Le bassin Loire-Bretagne est particulièrement concerné par :

- les plantes invasives comme les jussies, les renouées exotiques ou l'ambrosie ;
- les animaux envahissants, comme le ragondin, la grenouille taureau ou le xénope du Cap (amphibien).

Outre la prise de conscience des acteurs de l'eau et la connaissance qui doivent être accrues (voir les deux orientations fondamentales suivantes), des mesures doivent être prises pour contrôler les proliférations.

Depuis la fin des années 1990, plusieurs centaines d'opérations ont été réalisées pour contrôler les plantes exotiques envahissantes sur le bassin Loire-Bretagne, dont une majorité sur les jussies et les renouées exotiques. Les résultats obtenus ne sont pas à la hauteur des moyens mis en œuvre, et les invasions de ces espèces continuent à des rythmes variés. C'est pourquoi les experts s'accordent pour abandonner l'objectif d'éradication, pour les espèces les plus envahissantes, et viser surtout leur contrôle et leur gestion.

Il est essentiel que le réseau technique constitué dans le bassin et fédérant les groupes de bassin et les groupes locaux,

poursuive son travail et vienne en appui des services de l'Etat, de l'agence de l'eau et des collectivités, de façon à cibler les territoires prioritaires, à promouvoir les actions les plus pertinentes et éviter les interventions malencontreuses.

Le réseau technique présentera chaque année un point de la situation dans le bassin devant la Commission relative au milieu naturel aquatique du comité de bassin. Celle-ci pourra émettre des recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrage.

1F Favoriser la prise de conscience

Très longtemps, l'aménagement des rivières a été considéré comme « allant de soi », en raison des bénéfices apportés à court terme à l'activité humaine. Cette vision purement hydraulique des cours d'eau a longtemps masqué les effets négatifs de l'artificialisation et de la banalisation des milieux : perte de richesse biologique, appauvrissement de la ressource en eau en quantité ou en qualité, affaiblissement du rôle régulateur et auto-épurateur d'un milieu qui fonctionne bien... En toute bonne foi, ingénieurs, maîtres d'ouvrage, financeurs publics, riverains ont longtemps cherché à rectifier ce que la nature semblait avoir de néfaste. Une des conditions nécessaires à la mise en œuvre d'une gestion durable (donc équilibrée) des rivières est la prise de conscience générale du rôle positif que peut jouer un milieu aquatique dont le fonctionnement est satisfaisant, au bénéfice collectif de la population et de l'ensemble des acteurs de l'eau.

1G Améliorer la connaissance

Si la connaissance des aspects hydrauliques ou physico-chimiques des rivières est satisfaisante, celle des aspects biologiques reste très insuffisante ; c'est la conséquence de la relative indifférence dans laquelle l'étude de l'état écologique des cours d'eau a été longtemps cantonnée. Un important effort est à engager en matière de connaissance de l'état des milieux, de leur fonctionnement écologique, de la prévision des conséquences des actions d'aménagement ou de restauration engagées.

Au-delà de ces connaissances sur l'eau et les milieux, il convient de comprendre les enjeux et les changements globaux (climatiques, économiques, démographiques...), pris individuellement et combinés. Ils influencent en effet les futures disponibilités et besoins en eau ainsi que les pressions exercées sur le milieu. Il est donc nécessaire de consolider les connaissances techniques pour mieux identifier l'étendue et l'évolution des perturbations et mieux anticiper l'impact des actions correctrices.

Dispositions

1G-1 Le programme d'intervention de l'agence de l'eau prévoit un programme d'amélioration des connaissances sur l'état et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et ses interactions avec les autres écosystèmes et les milieux associés. Ce programme comprend des acquisitions de données en matière d'indices biologiques et physiques, et des études visant à mieux comprendre les relations entre pressions exercées sur le milieu et état biologique de ce dernier.

ANNEXE 2. **Fiche de stage**

OFFRE DE STAGE
**Caractérisation et vérification des usages des plans d'eau
implantés sur le périmètre du SAGE Vendée**

Pour le compte de la Commission Locale de l'Eau du SAGE Vendée, l'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise (IIBSN) souhaite accueillir dès le printemps 2013 un(e) étudiant(e) dans le cadre d'un **stage de niveau master I ou II ou ingénieur pour une durée de 6 mois sur la thématique des plans d'eau.**

Contexte du stage :

Dans le cadre des études du SAGE, la problématique « plan d'eau » a été fléchée comme étant un enjeu important pour la reconquête de la qualité des milieux.

Selon l'inventaire réalisé par l'IIBSN en 2005, 880 plans d'eau de plus de 100 m² sont recensés sur le périmètre du SAGE. Les densités les plus fortes de plan d'eau se trouvent sur les têtes de bassin versant. La création de ces plans d'eau dédiés à divers usages (pêche de loisirs, irrigation, abreuvement,...) n'est pas sans conséquence sur la gestion de l'eau du bassin versant.

Objet du stage :

Le stage doit permettre de faire le point sur divers aspects :

- compilation des données existantes
- structuration et amélioration de la base de données « plan d'eau » 2005 sur des aspects non abordés : existence légale, usages, bilan quantitatif, gestion, etc...
- établissement de bilans par sous bassin versant et usages avérés ou supposés
- en lien avec la Police de l'eau et d'autres partenaires, faire un point sur la reconnaissance et / ou régularisation nécessaires de plans non déclarés par leur gestionnaire
- à l'échelle des sous bassins versant, vérification des impacts hydrologiques et quantitatifs via des simulations à établir

Des déplacements sur le terrain peuvent être prévus.

Compétences requises :

- Compétences en hydrologie et/ou hydrogéomorphologie indispensables
- Permis B indispensable
- Connaissance bienvenue de logiciel de bureautique et du Systèmes d'Information Géographique SIG (Arcgis), des bases de données et de leurs architectures
- Aptitude au relationnel et volonté de travail en équipe (équipe technique de 10 agents)
- Rigueur scientifique et esprit de synthèse
- Capacité d'initiatives et force de propositions
- Autonomie et capacité d'organisation

Production à l'issue du stage :

- Rapport et Base de données à fournir à l'issue du stage

Lieu de stage : NIORT (79) / IIBSN avec des déplacements sur la Roche sur Yon (85)

Indemnité forfaitaire mensuelle fixée à 30% du SMIC

Pour tout renseignement, contacter Madame Laure THEUNISSEN – IIBSN :

Tél : 05.49.06.79.79. e-mail : contact@sevre-niortaise.fr

adresse postale :

Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise
Maison du Département, BP 531- 79021 NIORT CEDEX
Tel : 05 49 06 79 79 / Fax : 05 49 06 77 71, www.sevre-niortaise.fr

ANNEXE 3. Questionnaire d'acteurs

Nom opérateur :
Prénom :
Nom de l'interlocuteur :
Fonction exercée :
Autre personne présente :
Fonction exercée :

Date :/...../.....
ID Plan d'eau :
ID ZH :
heure de début :
heure de fin :

téléphonique rencontre

Localisation et descriptif :

Commune(s) : **Nom du lieu-dit** :

Sous-bassin versant d'étude :

Typologie (appréciation du propriétaire) : mare étang lac retenue

autre :

Profondeur maximum : (localisation sur carte : ) **Profondeur moyenne** :

Volume :m³ **Source des informations** : document :

connaissance autre :

Commentaires :

Aspects administratifs :

Nom du propriétaire : **Depuis quand ?**

Si changement, les notaires ont-ils fourni les documents administratifs ? oui non

Un guide/document de bonne gestion ? oui non

Nom de l'exploitant :

Nom du locataire s'il y a lieu : **Nom du sous-locataire** s'il y a lieu :

Numéro de parcelle : **Cadastre** :

Statut juridique : eaux libres eaux closes indéterminé

Année de création du plan d'eau : **Source de l'information** :

Agrandissement ? oui non **Date** : **Déclaration ?** oui non **Date** :

Surcreusement ? oui non **Date** : **Déclaration ?** oui non **Date** :

Situation administrative : inconnu déclaré autorisé **Date** :

OU : régularisation → déclaration autorisation **Date** :

Documents disponibles : arrêté préfectoral dossier loi sur l'eau autre :

Commentaires aspects administratifs :

Configuration du plan d'eau, alimentation :

Situation par rapport au **réseau hydrographique** : isolé → Distance :m

lié → fossé cours d'eau Nom du cours d'eau :

en **dérivation** oui non

Arrivez-vous à maintenir le niveau d'eau en été ? oui non

Ordre de grandeur de la baisse du niveau d'eau ?

Assèchement du « cours d'eau » : en amont ? oui non

en aval ? oui non

Tous les ans ? oui non Précisions période ou fréquence :

Difficultés à restituer le débit en aval ? oui non Précisions :

Problème d'**envasement** ? oui non Régulier ? oui non

Précisions :

Quel(s) mode(s) d'**alimentation** ?

Cocher case correspondante. Si plusieurs modes d'alimentation, numéroter par ordre d'importance décroissant (1 à n):

Source (loc. connue ? oui (**S**) non) Nappe Drainage Fossé Cours d'eau

Ruissellement Pompage → dans : autre PE (ID_PE :.....) cours d'eau nappe

Plan d'eau associé au niveau fonctionnel : oui non en amont en aval ID_PE :.....

Le plan d'eau alimente / est alimenté par **un ou plusieurs autre(s) plan(s) d'eau** : non

oui : nombre :..... ID_PE 1:..... ID_PE 2:..... ID_PE 3:.....

Commentaires :

Usage(s) :

Cocher case correspondante. Si plusieurs usages, numéroter par ordre d'importance décroissant (1 à n):

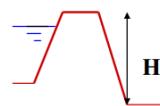
- Pêche de loisir Pisciculture Irrigation Abreuvement Agrément Réservoir
- Lagune Autre :.....

Commentaires (changement d'usages...) :

Ouvrages, aménagements :

Ce plan d'eau dispose de :

- buse en aval : oui non munie d'une grille : oui non diamètre : cm
- buse en amont : oui non munie d'une grille : oui non diamètre : cm
- un système de vidange : oui non
de type : vanne moine moine à vanne bonde pelle autre :
- entretien : oui non précisions :
- un lit filtrant : oui non précisions :
- un système de trop-plein : oui non
type : déversoir tuyau de surverse déversoir de crue
- un ouvrage d'alimentation : oui non précisions :
- un barrage : oui non d'une hauteur **H** de :m
de classe : A B C D revanche :cm
entretien : oui non précisions :
- système de restitution du débit minimal : oui non précisions :
-
- une pêcherie : oui non précisions :



Commentaires :

Entretien et gestion :

Pratique de la **vidange** : oui non Fréquence :

déclarée : oui non

Amendements calciques : oui non Fréquence :

si oui, en pleines eaux en assec

utilisation de : chaux vive chaux éteinte carbonate de calcium inconnu

Pratique du **curage** : oui non Fréquence :

Devenir du produit du curage : épandage export retour dans le milieu

Commentaires :

Autres renseignements:

Populations de **poissons** : oui non Espèces :

Changements ces dernières décennies ?

Evolution des pratiques de la pêche (avant/aujourd'hui) :

Plan du plan d'eau à disposition ? oui non photo n° :

Précisions origine :

Levé topographique : oui non photo n° :

Accord pour aller sur le plan d'eau : oui non date :

Embarcation à disposition : oui non de type :

Espèces envahissantes ou invasives ? non inconnu oui → exotiques autochtones

Eventuelles espèces et autres commentaires :

ANNEXE 4. **Fiche de terrain**

Nom de l'opérateur: _____

Date du terrain : __/__/__

Fiche n° : _____

Fiche terrain-inventaire des plans d'eau

Plan d'eau : ID : PE_.....

Commune(s) :

identifiant ZH :

Lieu-dit :

Personne présente lors de l'inventaire :

PE relié au réseau hydrographique : oui non

oui, en dérivation

Nom du cours d'eau :

Distance au cours d'eau : m

Ombrage :%

Présence de végétation flottante ou enracinée dans la

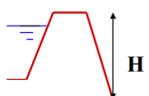
pièce d'eau : oui non photo(s) n° : %couverture :

Usages	Ordre (n°) et remarque	
Loisir-pêche		
Pisciculture		
Irrigation		
Abreuvement		
Agrément		
Lagunage		
Réservoir		
Réserve-incendie		
Autre		
Inconnu		

Berges	Etat		strate herbacée	% ripisylve	informations sur la gestion
	bon	dégradé			

Dispositif	Présent		amont	Type	aval	Etat (am./av.)			Remarques ou précisions	n° photo
	oui	non				bon	moyen	mauvais		
buse(s)				sans grille						
				avec grille						
vidange				vanne						
				pelle						
				moine						
				moine à vanne						
trop-plein				bonde						
				déversoir						
pêcherie permanente				surverse						
				intérieure						
				extérieure						
déversoir de crue										
fossé d'évacuation				/						
lit filtrant				/						
système de décantation				/						

Barrage	Présent		Hauteur (m)
	oui	non	



Plan d'eau associé (oui/non)	
amont	aval
ID_PE:	ID_PE:

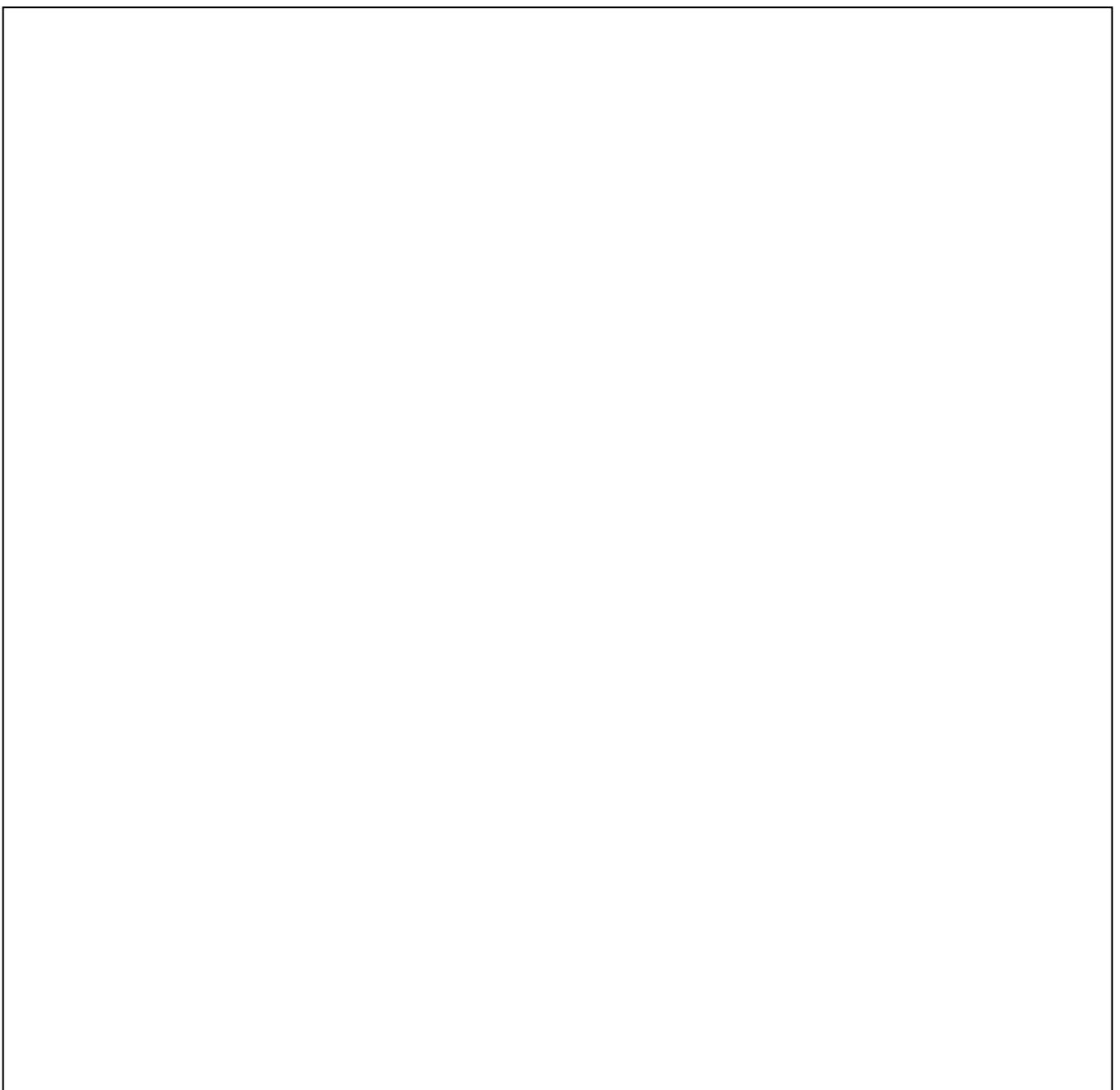
Remarques (notamment espèces envahissantes s'il y a lieu – n°photo) :

Présence d'une échelle limnimétrique : oui Valeur relevée : non

Constat sur l'alimentation du plan d'eau :
.....
.....
.....

Nombre de pompes dans le plan d'eau : n° photo :

Schéma(s) et/ou remarques :



ANNEXE 5. **Fiches de terrain étude bathymétrique**

ANNEXE 6. dictionnaire de données

table	nom du champ	description	type
plandeu	pe_id	identifiant du plan d'eau dans cette nouvelle base	texte
plandeu	pe_id_2005	identifiant dans la base de 2005	texte
plandeu	pe_id_zh	identifiant dans les inventaires de zones humides	texte
plandeu	pe_x	coordonnée X du centroïde du plan d'eau (RGF93)	numérique
plandeu	pe_y	coordonnée Y du centroïde du plan d'eau (RGF93)	numérique
plandeu	pe_existence	existence actuelle ou non du plan d'eau (au moins avoir la certitude sur BDOortho: plus aucune trace du plan d'eau, terrain uniforme) (pour garder la trace des plans d'eau comblés)	oui/non
plandeu	pe_comm	commentaires par rapport à la disparition d'un plan d'eau si infos disponibles (date, raison du comblement etc...)	texte
plandeu	pe_gpe_id	code du groupe de plans d'eau dans lequel se trouve le plan d'eau (par rapport aux prélèvements AELB, utilisation pour les aires drainées)	texte
plandeu	pe_ssbv_id	code du sous BV sur lequel se trouve le plan d'eau	texte
plandeu	pe_me_id	code de la masse d'eau sur laquelle se trouve le plan d'eau	texte
description	descr_pe_id	pe_id	texte
description	descr_nom	nom d'usage du plan d'eau	texte
description	descr_lieudit	nom du lieu dit : d'après la BD TOPO de l'IGN	texte
description	descr_cadastr	le plan d'eau est-il cadastré ? (= parcelle entièrement dédiée au plan d'eau; suit les limites du plan d'eau)	oui/non
description	descr_type_pe	type de plan d'eau : mare ; étang ; lac ; retenue ; trou d'eau ; carrière ; gravière (appreciation propriétaire/exploitant)	texte
description	descr_contour	présence d'un fossé de contournement longeant le plan d'eau: oui ; non ; indéterminé (<i>par défaut</i>)	texte
description	descr_forme	type de formes géométriques du plan d'eau : liste: 1.carré ; 2.rectangulaire ; 3.triangulaire ; 4.trapèze ; 5.circulaire ; 6.semi-circulaire ; 7.elliptique ; 8.semi-elliptique ; 9.ellipsoïde ; 10.amorphe (cf. Schémas)	texte
description	descr_connexion	connexion du plan d'eau au réseau hydrographique : isolé du réseau hydrographique (aucune connexion) ; connecté directement au réseau hydrographique (ou: en travers; au fil de l'eau) ; en dérivation du réseau hydrographique ; début du réseau hydrographique ; indéterminé (<i>par défaut</i>)	texte
description	descr_deconn_date	date de déconnexion du plan d'eau au réseau hydrographique	texte
description	descr_continuite	plan d'eau = obstacle à la continuité (source ROE) : oui ; non ; indéterminé (<i>par défaut</i>) ; non concerné	texte
description	descr_posbv	position du plan d'eau dans le bassin versant : depuis inventaire ZH	texte
description	descr_corine1	code corine principal tiré de l'inventaire ZH	texte
description	descr_corine2	code corine secondaire tiré de l'inventaire ZH	texte
description	descr_profmax_acteur	profondeur maximale du plan d'eau enregistrée suite à un questionnaire d'acteur en mètres (la profondeur maximale étant la hauteur d'eau du point le plus profond au niveau d'eau maximal du plan d'eau)	numérique
description	descr_profmax_acteur_date	année de recueil du dire d'acteur sur la profondeur maximale du plan d'eau	texte
description	descr_profmoy_acteur	profondeur moyenne du plan d'eau en m obtenue à partir d'un questionnaire d'acteur	numérique
description	descr_profmoy_acteur_date	année de recueil du dire d'acteur sur la profondeur moyenne du plan d'eau	texte
description	descr_vol_acteur	capacité volumique estimée ou connue du plan d'eau par le propriétaire ou l'exploitant en m3	numérique
description	descr_vol_aelb	capacité volumique ("capacité de la retenue" selon typologie AELB) enregistrée par l'AELB en m3. Si le prélèvement de l'AELB concerne différents plans d'eau, les plans d'eau doivent être associé à ce groupe. Le volume prélevé sera alors partagé entre les plans d'eau de ce groupe, proportionnellement à leur surface (ou au volume dans l'avenir si la donnée est disponible)	numérique
description	descr_vol_aelb_date	année d'enregistrement de la capacité volumique par l'AELB	texte
description	descr_vol_policeeau	capacité volumique enregistrée par la Police de l'eau en m3 (dernière en date)	numérique
description	descr_vol_sdis	capacité volumique enregistrée par le SDIS en m3	numérique
description	descr_vol_calc	capacité volumique interpolée par Surfer ou ArcGIS depuis les points de mesure (et ajouts) effectués en m3 (points de mesures par bathymétrie ou topographie)	numérique
description	descr_vol_classe	intervalle de volume en m3 auquel appartient le plan d'eau, déterminé par confrontation des données et éventuels calculs	texte
description	descr_vol_comm	commentaires sur le volume	texte
description	descr_pentefond	type de pente du fond du plan d'eau : faible ; moyenne ; importante ; inconnue à titre indicatif on entend par faible : entre [0 et 1 % [; moyenne : [1 à 2%[; forte: [2% à +++++	texte

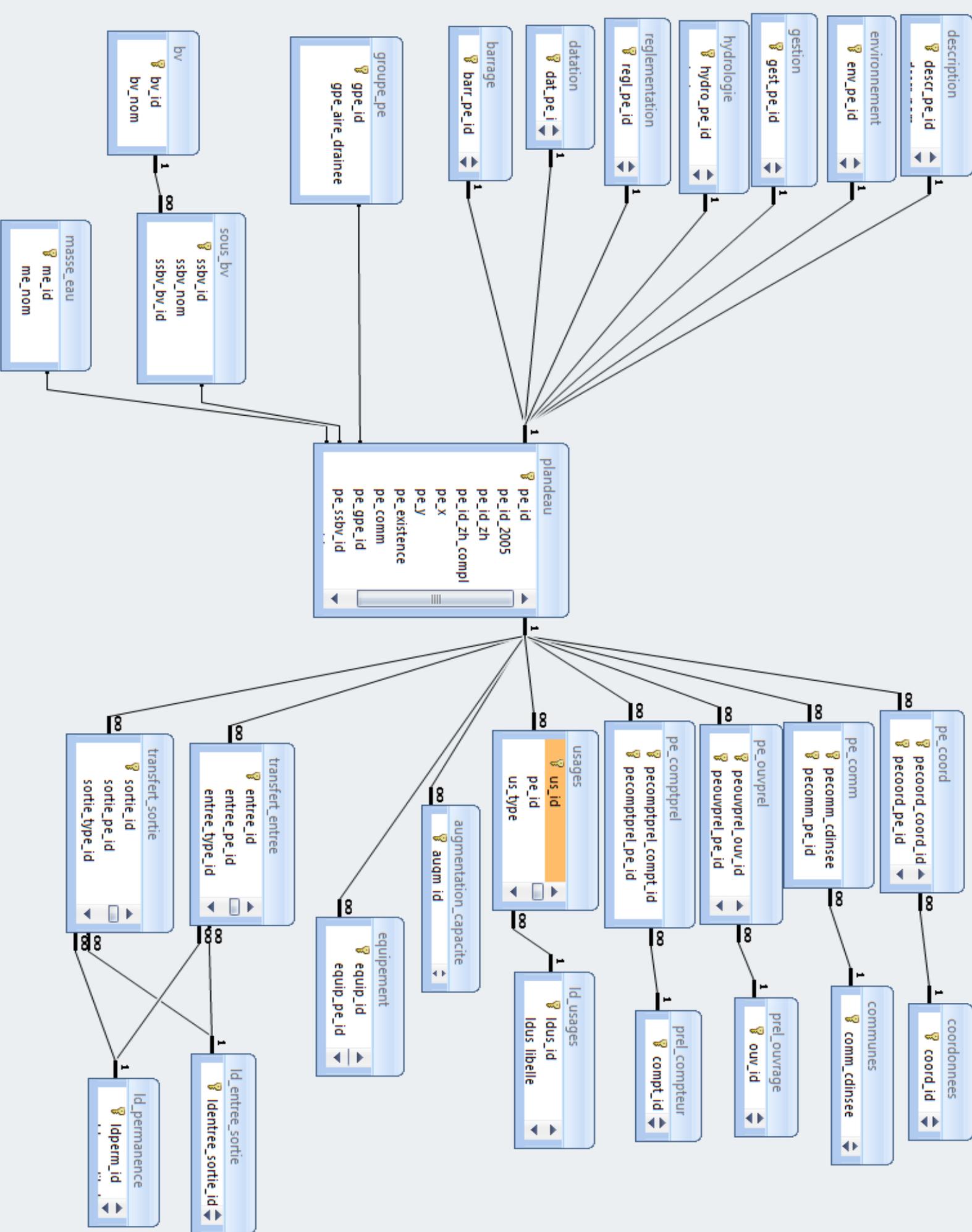
table	nom du champ	description	type
description	descr_morphofond	type de morphologie du fond du plan d'eau: cuvette ; asymétrique ; fond plat ; inconnu (par défaut)	texte
description	descr_debit_res	valeur de débit réservé en sortie du plan d'eau en m3/s : valeur; ou -999	numérique
description	descr_dmb	valeur de débit minimum biologique en sortie du plan d'eau en m3/s; ou -999	numérique
description	descr_eutroph	indice d'eutrophisation : non ; oui - légère ; oui - marquée ; inconnu (par défaut)	texte
description	descr_comm	commentaires sur la description du plan d'eau	texte
environnement	env_pe_id	pe_id	texte
environnement	env_envasement	importance de l'envasement du plan d'eau : aucun ; léger ; important ; inconnu (par défaut)	texte
environnement	env_berges_etat	état des berges du plan d'eau : mauvais ; moyen ; bon ; inconnu	texte
environnement	env_berges_pente	pente des berges du plan d'eau : très faible ; faible ; moyenne ; forte ; inconnue // ou 10 ; 20 ; 50 ; 80 ; inconnue	texte
environnement	env_berges_occup	type d'occupation des berges : nues ; végétalisées ; artificialisées ; inconnu	texte
environnement	env_berges_rehauss	réhaussement des berges autour du plan d'eau (digue incluse): non; oui 50-75% du pourtour; oui, > 75% du pourtour; oui, < 50% du pourtour ; inconnu (par défaut)	texte
environnement	env_berges_empier	empièchement ou non des berges : oui ; non ; inconnu	texte
environnement	env_veget_surfeau	pourcentage de végétalisation en surface du plan d'eau : 0 ; 10 ; 20 ; 50 ; 80 ; 100 ; inconnu (par défaut)	texte
environnement	env_fondpe	type de matériau au fond du plan d'eau : matériel naturel ; ciment ; plastique ; autre matériau; inconnu (par défaut)	texte
environnement	env_ombrage	importance de l'ombrage approximatif du plan d'eau : 0 ; 10 ; 20 ; 50 ; 80 ; 100 ; inconnu (par défaut)	texte
environnement	env_ripisylve	pourcentage d'occupation des berges par la ripisylve : 0 ; 10 ; 20 ; 50 ; 80 ; 100 ; inconnu (par défaut)	texte
environnement	env_presence_poisson	présence de poissons : oui ; non ; inconnu (par défaut)	texte
environnement	env_presence_eeev	présence d'espèces exotiques envahissantes végétales : oui ; non ; inconnu (par défaut)	texte
environnement	env_presence_eeea	présence d'espèces exotiques envahissantes animales : oui ; non ; inconnu (par défaut)	texte
environnement	env_substratum	nature du substratum au fond du plan d'eau	texte
gestion	gest_pe_id	pe_id	texte
gestion	gest_curage	pratique du curage : oui ; non ; inconnu (par défaut)	texte
gestion	gest_curage_comm	commentaires sur le curage (fréquence...)	texte
gestion	gest_vidange	pratique de la vidange : oui ; non ; inconnu (par défaut)	texte
gestion	gest_vidange_comm	commentaires sur la vidange du plan d'eau (fréquence...)	texte
gestion	gest_absence	absence totale de gestion	oui/non
gestion	gest_amend_calciq	pratique d'amendement calcique au sein du plan d'eau : oui ; non ; inconnu	texte
gestion	gest_amend_calciq_type	type d'amendement calcique : chaux éteinte ; chaux vive ; carbonate de calcium ; indéterminé ; non concerné	texte
gestion	gest_amend_calciq_comm	commentaires sur l'amendement calcique	texte
hydrologie	hydro_pe_id	pe_id	texte
hydrologie	hydro_assec	fréquence de l'assèchement du plan d'eau : chaque année ; étés secs ; inconnu (par défaut) ; jamais	texte
hydrologie	hydro_baisseniveau	baisse connue du niveau d'eau : nulle ; faible ; moyenne ; forte ; inconnue (par défaut)	texte
hydrologie	hydro_baisseniveau_max	ordre de grandeur en cm de la baisse du niveau d'eau maximale en période d'étiage: valeur ; ou -999	numérique
hydrologie	hydro_fuite	fuites au sein du plan d'eau : oui ; non : inconnu (par défaut)	texte
reglementation	regl_pe_id	pe_id	texte
reglementation	regl_regime	règlement applicable au plan d'eau : autorisation (>3ha) ; déclaration (1000m ² à 3 ha) ; non soumis (raison : capacité) ; non soumis (raison : date) ; non connu des services de l'Etat (<i>depuis données de la Police de l'Eau</i>)	texte
reglementation	regl_statut	statut du plan d'eau: eaux closes ; eaux libres ; indéterminé (par défaut)	texte
reglementation	regl_autorprel	autorisation de prélèvement délivrée : oui ; non ; indéterminé (par défaut)	texte
reglementation	regl_autorprel_vol	volume de prélèvement autorisé en m3 : valeur ; ou -999	numérique
reglementation	regl_mairie	déclaration du plan d'eau en mairie : oui ; non ; indéterminé (par défaut)	texte
reglementation	regl_mairie_date	date de déclaration du plan d'eau en mairie	date
reglementation	regl_regul	régularisation du plan d'eau : oui ; non	texte
reglementation	regl_regul_date	date de régularisation du plan d'eau	date
reglementation	regl_vidange	statut réglementaire vis à vis de la vidange : autorisée ; déclarée ; non soumise à déclaration ou autorisation ; indéterminé	texte
reglementation	regl_vidange_date	date autorisation/déclaration vis à vis de la vidange	texte

table	nom du champ	description	type
reglementation	regl_numdossier	quelque soit le département d'enregistrement : numéro de dossier (format: 12-1234-12345) et de récépissé (format: 1234/12/123) police de l'eau (plusieurs possibles): on notera d'abord le numéro de dossier puis un tiret bas puis le numéro de récépissé. Si l'un des deux manque : 00-0000-00000_(1234/12/123) et inversement	texte
datation	dat_pe_id	pe_id	texte
datation	dat_creation_policeeau	année de création selon la police de l'eau	texte
datation	dat_creation_stage2005	année de création selon le questionnaire de 2005	texte
datation	dat_creation_stage2013	année de création selon le questionnaire de 2013	texte
datation	dat_cassini	présent sur la carte de Cassini : non vérifié (par défaut) ; identifiable ; non identifiable	texte
datation	dat_cadnapol	présent sur le cadastre napoléonien : non vérifié (par défaut) ; identifiable ; non identifiable	texte
datation	dat_etatmaj	présent sur la carte d'Etat Major : non vérifié (par défaut) ; identifiable ; non identifiable	texte
datation	dat_scan25_1	présent sur le scan 25 (années 2000) : non vérifié (par défaut) ; identifiable ; non identifiable	texte
datation	dat_scan25_2	présent sur le scan 25 (autre date à déterminer) : non vérifié (par défaut) ; identifiable ; non identifiable	texte
datation	dat_ortho1	présent sur l'ortho : non vérifié (par défaut) ; identifiable ; non identifiable	texte
datation	dat_ortho1_date	année de l'ortho 1	texte
datation	dat_ortho2	présent sur l'ortho : non vérifié (par défaut) ; identifiable ; non identifiable	texte
datation	dat_ortho2_date	année de l'ortho 2	texte
datation	dat_creation	date précise de création si connue, considérée comme étant la bonne date	date
datation	dat_creation_annee	année de création considérée comme étant la bonne date	texte
datation	dat_comm	commentaires sur le choix de la date	texte
groupe_pe	gpe_id	groupe de plan d'eau auquel appartient le plan d'eau pour l'affectation des volumes prélevés et des aires drainées. Si groupe = 1 seul plan d'eau : id = pe_id ; si groupe = plusieurs plan d'eau : id à créer. Utilisation des groupes pour partages des volumes prélevés & capacité volumiques indiquées par l'AELB et pour l'utilisation des aires drainées.	texte
groupe_pe	gpe_aire_drainee	aire drainée en hectares (par un plan d'eau ou plusieurs) -999 par défaut	numérique
sous_bv	ssbv_id	code issu de la bd Carthage	texte
sous_bv	ssbv_nom	nom issu de la bd Carthage	texte
sous_bv	ssbv_bv_id	code bv issu de la bd Carthage	texte
bv	bv_id	code issu de la BD Carthage	texte
bv	bv_nom	nom issu de la BD Carthage	texte
masse_eau	me_id	code masse d'eau européen	texte
masse_eau	me_nom	nom masse d'eau européen	texte
pe_coord	pecoord_coord_id	coord_id	numérique
pe_coord	pecoord_pe_id	pe_id	texte
pe_coord	pecoord_qualite	qualité de la personne en rapport avec le plan d'eau : propriétaire ; exploitant ; pétitionnaire ; locataire ; sous-locataire ; inconnue (par défaut)	texte
coordonnees	coord_id	Identifiant unique automatique de la personne	auto
coordonnees	coord_civilite	Madame ; Monsieur ; Organisme	texte
coordonnees	coord_nom	Nom de la personne	texte
coordonnees	coord_prenom	Prénom de la personne	texte
coordonnees	coord_adresse	Adresse de la personne	texte
coordonnees	coord_cp	Code postal de la personne	texte
coordonnees	coord_comm	Commune de la personne	texte
coordonnees	coord_tel	Téléphone de la personne	texte
pe_comm	pecomm_cdinsee	comm_cdinsee	texte
pe_comm	pecomm_pe_id	pe_id	texte
communes	comm_cdinsee	code INSEE de la commune	texte
communes	comm_nom	nom de la commune	texte
communes	comm_dept	département	texte
pe_ouvprel	peouvprel_ouv_id	ouv_id	texte
pe_ouvprel	peouvprel_pe_id	pe_id	texte
prel_ouvrage	ouv_id	numéro d'ouvrage dans la bd aelb	texte

table	nom du champ	description	type
prel_ouvrage	ouv_usage	usage de l'ouvrage : irrigation ; industrie ; alimentation en eau potable	texte
prel_ouvrage	ouv_qualite	qualité de la donnée (certitude du recollement bd aelb) : incertitude importante ; doute ; certitude	texte
pe_comptprel	pecomptprel_compt_id	compt_id	texte
pe_comptprel	pecomptprel_pe_id	pe_id	texte
prel_compteur	compt_id	numéro compteurs bd aelb	texte
prel_compteur	compt_type	usage du compteur : irrigation ; industrie ; alimentation en eau potable	texte
prel_compteur	compt_qualite	qualité de la donnée (certitude du recollement bd aelb) : incertitude importante ; doute ; certitude	texte
usages	us_id	identifiant automatique	auto
usages	pe_id	pe_id	texte
usages	us_type	type d'usage fait du plan d'eau; (lien avec Id_usages - us_id)	texte
usages	us_niveau	niveau d'usage : principal ; secondaire / un seul usage principal, plusieurs usages secondaires possibles ; si on ne sait pas déterminer par défaut secondaire ; historique (usage obsolète)	texte
ld_usages	us_id	identifiant (référentiel SANDRE)	texte
ld_usages	us_libelle	libellé (référentiel SANDRE)	texte
augmentation_capacite	augm_id	identifiant automatique	auto
augmentation_capacite	augm_pe_id	pe_id	texte
augmentation_capacite	augm_date	date de l'augmentation de capacité du plan d'eau	date
augmentation_capacite	augm_type	type d'augmentation de capacité : agrandissement ; surcreusement	texte
equipement	equip_id	identifiant automatique	auto
equipement	equip_pe_id	pe_id	texte
equipement	equip_typ	type d'équipement : clapet ; vanne ; pelle ; moine ; moine à vanne ; bonde ; aucun ; inconnu ; buse ; déversoir mécanique; déversoir d'urgence; tuyau de surverse ; lit filtrant ; système de décantation ; pêcherie permanent ; pompe ; siphon	texte
equipement	equip_typ_precis	précision à propos de l'équipement (type bien précis déterminé)	texte
equipement	equip_grille	équipement muni d'une grille: oui ; non ; indéterminé	texte
equipement	equip_emplacement	emplacement de l'équipement : amont ; aval ; au sein du barrage	texte
equipement	equip_fonction	fonction de l'équipement : vidange partielle ; vidange complète ; alimentation ; trop-plein ; régulation du débit réservé ; évacuation de crue importante ; limitation de départ des sédiments ; régulation du niveau d'eau	texte
transfert_entree	entree_id	identifiant automatique	auto
transfert_entree	entree_pe_id	pe_id	texte
transfert_entree	entree_type_id	type du transfert en entrée (référentiel SANDRE / GWERN) : lien vers Id_entree_sortie	texte
transfert_entree	entree_niveau	principal ; secondaire ; complémentaire	texte
transfert_entree	entree_permanence_id	permanence du transfert en entrée (référentiel SANDRE / GWERN) : lien vers Id_permanence	texte
transfert_entree	entree_assec	permanence des écoulements en amont : oui ; non ; inconnu ; non concerné	texte
transfert_sortie	sortie_id	identifiant automatique	auto
transfert_sortie	sortie_pe_id	pe_id	texte
transfert_sortie	sortie_type_id	type du transfert en sortie (référentiel SANDRE / GWERN) : lien vers Id_entree_sortie	texte
transfert_sortie	sortie_niveau	principal ; secondaire ; complémentaire	texte
transfert_sortie	sortie_permanence_id	permanence du transfert en sortie (référentiel SANDRE / GWERN) : lien vers Id_permanence	texte
transfert_sortie	sortie_assec	permanence des écoulements en aval : oui ; non ; inconnu ; non concerné	texte
ld_entree_sortie	ldentree_id	identifiant (référentiel SANDRE / GWERN)	texte
ld_entree_sortie	ldentree_libelle	libellé (référentiel SANDRE / GWERN)	texte
ld_permanence	ldperm_id	identifiant (référentiel SANDRE / GWERN)	texte
ld_permanence	ldperm_libelle	libellé (référentiel SANDRE / GWERN)	texte
barrage	barr_pe_id	pe_id	texte
barrage	barr_presence	présence d'un barrage en lien avec le plan d'eau: oui ; non ; inconnu (valeur par défaut)	texte
barrage	barr_hauteur	hauteur max du barrage en mètre cf. <u>schéma</u>	texte
barrage	barre_revanche	revanche du barrage (hauteur entre sommet du barrage et niveau d'eau dans le plan d'eau) en mètres	texte
barrage	barr_classe	classe du barrage affectée par l'administration: A ; B ; C ; D ; indéterminé	texte
barrage	barr_empierrement	présence d'un empierrement du côté intérieur du plan d'eau: oui ; non ; inconnu	texte

ANNEXE 7. modèle conceptuel de données

Schéma relationnel : base de données Plans d'eau



ANNEXE 8. **procédure de mise à jour**

Recollement des données inventaire des plans d'eau & inventaires des zones humides

Procédure de recollement :

- Sélection des plans d'eau sur la commune. Utiliser pour cela le cadastre « BVS_N_85 » qui définit mieux les limites de communes.

- Union des plans d'eau sélectionnés et des zones humides de la commune en prenant soin de ne pas oublier les codes Corine autres que 22.1; vérifiés au préalable sur orthophotographie en modifiant l'ensemble de définition.

- Problème lors du copier-coller des « enregistrements sélectionnés » pour l'exportation vers Excel. Les « effacent une partie des enregistrements et décalent les données. Il faut donc *Rechercher et remplacer* les « par un espace.

- Copier sur Excel, puis utilisation du TCD.

-Une feuille de calcul fait le lien ID_PE → ID_ZH; une autre: ID_ZH → ID_PE. Soit les deux polygones concordent, soit on est dans l'un des cas décrits ci-après.

Problèmes rencontrés lors de la mise à jour de l'inventaire des plans d'eau via les inventaires des zones humides ; et procédure d'enregistrement des données.

	Polygones de la couche Plans d'eau	Polygones de la couche Zones humides
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		

Dans chacun des cas rencontrés, une vérification visuelle via orthophotographie + couche des zones humides + couche des plans d'eau s'impose.

Cas n°1 : Le choix d'une description ou non dépend principalement de la géométrie des deux plans d'eau 2005 et de leur emplacement, comparée à celle du plan d'eau ZH. Dans certains cas (différence importante de la géométrie), on ne pourra garder que certaines informations comme la date de création, et ajouter une date d'agrandissement. Le choix des informations se fait donc au cas par cas.

Attention au cas où il y a bien correspondance entre un PE et le PE_ZH, et que le second PE mord tout simplement sur le PE_ZH du fait de sa digitalisation approximative. Dans ce cas on garde la correspondance.

Cas n°2 : Comme pour le 1^{er} cas, on peut garder quelques informations selon la géométrie de l'ancien PE et des nouveaux PE_ZH. Le choix se fait une nouvelle fois au cas par cas. On inventorie

bien deux nouveaux plans d'eau, le changement pourra être décrit dans les commentaires. A noter qu'on peut avoir le cas où il y a bien correspondance entre le PE et un PE_ZH et qu'un autre PE mord tout simplement sur le PE_ZH. Dans ce cas on garde la correspondance, et le second PE_ZH est inventorié.

Cas n°3 : Après nettoyage de la base, ce cas n'est plus présent.

Cas n°4 : Inventorier le plan d'eau ZH. Il n'est pas forcément évident de connaître la raison de cette différence entre les deux cas (2005 et ZH). Pour les petits plans d'eau (< 1000 m²), il s'agit souvent d'oublis lors de l'inventaire 2005. D'autres plans d'eau ont également pu être créés entre ces deux périodes. On peut considérer que les plans d'eau d'une superficie plus importante que 1000m² absents de l'inventaire 2005 ont été créés entre les deux inventaires. Plus la superficie est importante, plus cette raison est préférentiellement invocable.

Cas n°5 : Dans la plupart des cas, le plan d'eau présent dans la BDD 2005 a disparu par comblement naturel ou anthropique entre les deux dates d'inventaire.

En faisant le recollage entre les deux inventaires, un seul cas d'oubli dans l'inventaire ZH semble avoir eu lieu. Peut-être que cela est dû à la date d'inventaire qui a pu être réalisé alors que le plan d'eau venait d'être entièrement vidangé et donc en assec. Il faut garder l'enregistrement.

Si le plan d'eau a disparu, le « cocher » comme tel dans la base de données.

Cas n°6 : Dans ce cas assez rare, il paraît improbable que le plan d'eau ait été oublié des deux inventaires, encore plus de l'inventaire ZH. Il y a de grandes chances que le plan d'eau ait été créé depuis l'inventaire ZH. Il faut donc le digitaliser et l'inventorier.

Cas n°7 : Dans ce cas là, il suffit de garder la géométrie des plans d'eau inventoriés dans l'inventaire ZH, et d'y associer la description des PE 2005.

Cas n°8 : Dans ce cas, il est très probable que le plan d'eau ait été associé à une commune et une seule lors de l'inventaire ZH. Sinon, se fier au cadastre parcellaire. S'il est impossible de choisir une commune, on peut rentrer les deux dans la BDD.

Cas n°9 : Il arrive qu'une queue de retenue soit classée en temps que zone humide à part entière. Dans ce cas, il y a plusieurs possibilités : le polygone trace bien les contours de la queue de retenue en question, que l'on peut considérer comme une partie du plan d'eau. Dans ce cas, on « fusionne » les deux géométries, enregistrées sous un même plan d'eau. On sélectionne ensuite les informations que l'on veut garder.

La zone humide comporte la queue de retenue mais va bien au-delà des limites de celle-ci. Dans ce cas on ne peut utiliser le polygone pour tracer le contour du plan d'eau. Il faut donc soit utiliser la géométrie du plan d'eau préalablement enregistré dans la base de données plan d'eau si elle est correcte, soit retracer le plan d'eau. On y associera tout de même les informations de la zone humide principale (22.1).

ANNEXE 9. questionnaire téléphonique

Nom opérateur :

Date : ___/___/_____

Nom interlocuteur :

Questionnaire d'acteurs téléphonique simplifié – Plans d'eau
(focalisation sur données importantes)

ID_PE :

Date de création ?

Usage(s)

Profondeur maximalem Profondeur moyenne :m

Volumem³

Alimentation du plan d'eau ?

.....
.....

Sortie du plan d'eau :

Si cours d'eau ou fossé : permanence ?

Baisse du **niveau d'eau** en été ? oui non Ordre de grandeur ?

Assèchement ? oui non Pendant quelle période ?

Vidange ? oui non fréquence :

Equipements : déversoir oui non / vanne oui non / moine oui non /

pêcherie oui non autre(s).....

Barrage oui non hauteur : m

Autres informations :

.....
.....
.....
.....

ANNEXE 10. règles de priorisation des entrées et sorties d'eau

CAS	descr_connexion	DESsurf_gr	DESsurf_po	DESsout	entree_type_id	entree_niveau	sortie_type_id	sortie_niveau
cas 1	connecté directement au réseau hydrographique	drainage	non	non	cours d'eau	principal	cours d'eau	principal
cas 1	connecté directement au réseau hydrographique	drainage	non	non	drainage agricole enterré	secondaire	évaporation	secondaire
cas 1	connecté directement au réseau hydrographique	drainage	non	non	ruissellement diffus	secondaire	<>	<>
cas 1	connecté directement au réseau hydrographique	drainage	non	non	précipitations	complémentaire	<>	<>
cas 1bis	connecté directement au réseau hydrographique	drainage	non	non	canaux/fossés	principal	canaux/fossés	principal
cas 1bis	connecté directement au réseau hydrographique	drainage	non	non	drainage agricole enterré	secondaire	évaporation	secondaire
cas 1bis	connecté directement au réseau hydrographique	drainage	non	non	ruissellement diffus	secondaire	<>	<>
cas 1bis	connecté directement au réseau hydrographique	drainage	non	non	précipitations	complémentaire	<>	<>
cas 3	connecté directement au réseau hydrographique	fossé	non	non	cours d'eau	principal	cours d'eau	principal
cas 3	connecté directement au réseau hydrographique	fossé	non	non	ruissellement diffus	secondaire	évaporation	secondaire
cas 3	connecté directement au réseau hydrographique	fossé	non	non	précipitations	complémentaire	<>	<>
cas 3bis	connecté directement au réseau hydrographique	fossé	non	non	canaux/fossés	principal	canaux/fossés	principal
cas 3bis	connecté directement au réseau hydrographique	fossé	non	non	ruissellement diffus	secondaire	évaporation	secondaire
cas 3bis	connecté directement au réseau hydrographique	fossé	non	non	précipitations	complémentaire	<>	<>
cas 4	connecté directement au réseau hydrographique	fossé	non	source	cours d'eau	principal	cours d'eau	principal
cas 4	connecté directement au réseau hydrographique	fossé	non	source	source	secondaire	évaporation	secondaire
cas 4	connecté directement au réseau hydrographique	fossé	non	source	ruissellement diffus	complémentaire	<>	<>
cas 4	connecté directement au réseau hydrographique	fossé	non	source	précipitations	complémentaire	<>	<>
cas 12	connecté directement au réseau hydrographique	non	non	source	cours d'eau	principal	cours d'eau	principal
cas 12	connecté directement au réseau hydrographique	non	non	source	source	secondaire	évaporation	secondaire
cas 12	connecté directement au réseau hydrographique	non	non	source	ruissellement diffus	complémentaire	<>	<>
cas 12	connecté directement au réseau hydrographique	non	non	source	précipitations	complémentaire	<>	<>
cas 12bis	connecté directement au réseau hydrographique	non	non	source	canaux/fossés	principal	canaux/fossés	principal
cas 12bis	connecté directement au réseau hydrographique	non	non	source	source	secondaire	évaporation	secondaire
cas 12bis	connecté directement au réseau hydrographique	non	non	source	ruissellement diffus	complémentaire	<>	<>
cas 12bis	connecté directement au réseau hydrographique	non	non	source	précipitations	complémentaire	<>	<>
cas 20bis	début du réseau hydrographique	non	non	source	source	principal	canaux/fossés	principal
cas 20bis	début du réseau hydrographique	non	non	source	ruissellement diffus	secondaire	évaporation	secondaire
cas 20bis	début du réseau hydrographique	non	non	source	précipitations	complémentaire	<>	<>

ANNEXE 11. note sur les levés bathymétriques



Bathymétrie

Méthodes, compte-rendu de terrain, résultats et perspectives

Préambule

Cette note est le résultat d'une campagne de terrain effectuée sur trois plans d'eau du bassin de la Vendée. Elle vise à déterminer la capacité volumique de ces plans d'eau tout en expérimentant une méthode de mesures et d'interpolation, et dans un second temps à essayer de dégager les paramètres essentiels à connaître pour estimer les capacités volumiques de l'ensemble des plans d'eau présents sur le bassin-versant de la Vendée.

I.	Bathymétrie : méthodes et compte-rendu de terrain	2
	Pourquoi des levés bathymétriques ?	2
1.	Présentation de la méthode mise en œuvre pour les mesures	2
	Matériel principal utilisé pour les mesures	2
	Fiche de terrain	2
	Protocole	3
	Choix des plans d'eau	3
	Observations générales sur les différents plans d'eau	3
2.	Conclusion de réalisation	5
	Indicateurs de réalisation	5
	Amélioration de la méthodologie	5
II.	Résultats et discussion	6
1.	Courbes bathymétriques sous Surfer	7
	Plan d'eau de la grande Rhée (359)	7
	Plan d'eau de la Chaise Boire (369)	8
	Plan d'eau de la Lanfrère (1155)	10
	Profils en long et pentes générales des plans d'eau	11
2.	Calcul des capacités volumiques des plans d'eau	12
	Relation entre nombre de points de profondeur et capacités obtenues	12
3.	Confrontation des données disponibles et des résultats de terrain	13
	Comparaison des profondeurs maximum disponibles	13
	Comparaison des chiffres de capacités disponibles	13
4.	Discussion	14
	Annexe 1 : Procédure traitement des données de terrain	16
	Annexe 2 : Procédure Surfer : Courbes de bathymétrie, modèle 3D, volume	17

I. Bathymétrie : méthodes et compte-rendu de terrain

Pourquoi des levés bathymétriques ?

La capacité volumique des plans d'eau et les volumes d'eau qu'ils contiennent réellement sont très peu connus sur le Bassin de la Vendée. Les données sur les profondeurs étant également assez rares, et au vu de la diversité des géométries des plans d'eau, il est très difficile de déterminer la capacité volumique des différents plans d'eau et d'avoir une idée du volume cumulé de ceux-ci.

Les levés topographiques ne sont pas systématiques lors de la création d'un plan d'eau, et ceux réalisés ne sont pas toujours évidents à retrouver.

C'est pourquoi il a été décidé de procéder à quelques levés bathymétriques sur des plans d'eau du bassin de la Vendée pour avoir une meilleure idée du type de géométrie et pour cibler les paramètres essentiels à connaître sur ces derniers pour en approcher au mieux leur capacité volumique.

Ceci permet également de se faire une idée de la fiabilité des données récoltées lors des différentes campagnes d'acquisition de données et de celles enregistrées par différents services.

En plus de cela, on veut déterminer combien de points de mesures sont nécessaires pour pouvoir estimer au mieux la capacité volumique d'un plan d'eau et où les situer préférentiellement lors d'une campagne de terrain.

1. Présentation de la méthode mise en œuvre pour les mesures

Le but de la manœuvre est de faire un grand nombre de points de mesures de la profondeur sur le plan d'eau, positionnés dans l'espace, afin de faire des interpolations sur logiciel pour dessiner un modèle 3D et déterminer la capacité volumique. Sont présentées ici la méthode envisagée dans l'absolu et celle mise en œuvre concrètement sur le terrain.

Matériel principal utilisé pour les mesures

Les moyens disponibles sont sommaires :

- Sonde piézométrique lestée
- Gros scotch, cordelette pour lester la sonde à l'aide de cailloux
- Canoë avec rames
- GPS
- Mire graduée (facultatif)
- Fiches de terrain, cartes, planche de terrain, crayon gras
- Barres de fer avec rubans en guise de repère

Fiche de terrain

Pour éviter toute perte de donnée, ou tout décalage dans la numérotation des points GPS, il est impératif de : noter le numéro du point de mesure affiché sur l'écran du GPS, noter les coordonnées X et Y, et éventuellement des commentaires comme des points de repère, une distance à la berge ou autre pour ajuster les points si besoin après extraction des points de mesures du GPS. A cette fin, une fiche de terrain a été élaborée.

Protocole

La méthode privilégiée avant la sortie de terrain était de « quadriller » le plan d'eau afin d'avoir des mesures bien réparties selon des transects.

Malheureusement, les conditions météorologiques peuvent compliquer les choses. Le vent fait dériver de manière plus ou moins importante l'embarcation sur le plan d'eau. Il est, de plus, assez compliqué de se repérer précisément sur un plan d'eau de grande envergure (supérieur à 10 000 m²).

De façon pragmatique, il a été choisi de se laisser dériver au gré du vent, en prenant des mesures très régulièrement (ceci nécessite d'anticiper le mouvement lors des mesures). De cette manière, on peut faire plusieurs transects parallèles selon la direction du vent. On complète ces séries par des mesures proches des berges ou l'on peut plus facilement se stabiliser.

La présence de végétation enracinée et ressortant en surface peut également faciliter la stabilisation de l'embarcation.

Pour mieux se repérer et savoir quelles « parties » ont déjà été sondées ou non, on peut utiliser des points de repère disposés sur les berges : ici, des barres de fer plantées munies d'un ruban coloré.

Pour compléter les points de mesure, il est nécessaire de prendre des points GPS tout autour du plan d'eau, en prenant soin de les prendre à la limite supérieure du marnage, soit au niveau considéré comme maximal dans le plan d'eau. Ceci dépend de la saison et du climat. Dans le cas présent (fin juillet 2013), on estime par observation que le niveau d'eau a baissé de 20 à 30 centimètres environ selon les plans d'eau.

Cela permet d'avoir la géométrie la plus exacte possible du plan d'eau et de bons repères géographiques pour le positionnement des points GPS (dérive possible de +/- 5 mètres selon le constructeur Garmin).

Choix des plans d'eau

Le choix des plans d'eau doit se faire selon plusieurs critères : l'accessibilité au plan d'eau, la concertation, la taille (suffisante pour avoir un intérêt en terme de volume), l'usage, la profondeur enregistrée lors de questionnaires d'acteurs ou de démarches participatives et le secteur d'étude afin de rester dans une zone restreinte.

Observations générales sur les différents plans d'eau



Voici quelques observations générales pour les trois plans d'eau étudiés, et des critiques quant au travail effectué sur chacun d'entre eux :

Plan d'eau (PE_359) à Vouvant

Il s'agit d'un plan d'eau d'environ 30 000 m² situé en fond de talweg, dédié à l'irrigation. Il n'est pas vraiment représentatif de la majorité des plans d'eau, mais est assez intéressant pour certains points.

Les pentes des berges de ce plan d'eau sont très faibles, enherbées, et on y observe des amphibiens, des alevins et des odonates.

Au sein du plan d'eau, on trouve une bonne quantité de plantes aquatiques, remontées à l'aide de la sonde piézométrique lestée (de type myriophylle, potamot ou polygonum et autres espèces fixées dans les parties les moins profondes).

Figure 1 : orthophotographie du plan d'eau PE_359

Le fond du plan d'eau présente un point maximum bien marqué du côté du barrage (5,5 mètres); depuis lequel les pentes remontent régulièrement jusqu'aux berges. Il faut cependant noter que ces pentes sont asymétriques entre celles à l'ouest et à l'est.

La baisse du niveau d'eau estimée est d'environ 20 cm au moment du passage par rapport au niveau maximal.

Difficulté principale : difficulté à se repérer dans ce plan d'eau assez vaste.

Critique : les points de mesures semblent bien répartis, hormis une petite zone dans le quart sud-est.

Plan d'eau (PE_000369) à Vouvant

Ce plan d'eau est plus caractéristique des plans d'eau récents de par sa forme rectangulaire très régulière.

Il fait une surface d'environ 10 000m² et est assez allongé.

Hormis près des berges abruptes où la profondeur varie, le fond du plan d'eau est assez régulier au sein du plan d'eau, atteignant un maximum de 1,30 mètre.

Situation : il n'est pas en fond de talweg.

Levé de terre sur $\frac{3}{4}$ du pourtour.

Fossé de contournement qui est dans le point bas

Baisse du niveau d'eau estimée = 30 cm.

Critique : le levé bathymétrique de ce plan d'eau est allé assez rapidement. Il était plus facile de se repérer, et de se laisser dériver lentement dans des directions adéquates, en travers du plan d'eau.



Figure 2 : orthophotographie du plan d'eau PE_369

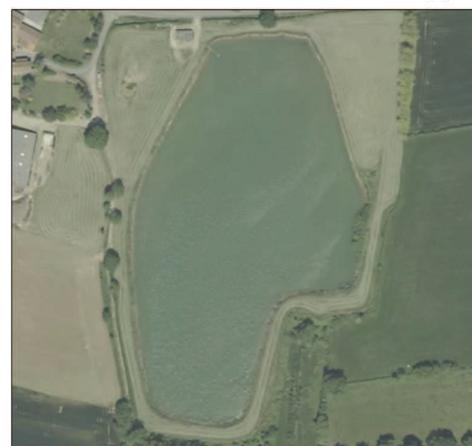


Figure 3 : orthophotographie du plan d'eau PE_369

Plan d'eau (PE_001155) à Foussais-Payré

Ce plan d'eau destiné à l'irrigation est une fois de plus d'une superficie assez importante, avec 25 000 m².

Les berges sont ici très pentues (on passe très rapidement à 2 mètres de profondeur) et totalement stabilisées par empierrement.

Il n'a pas été rencontré de végétation dans la pièce d'eau ; en berge celle-ci est surtout arbustive.

Aucune faune n'a été rencontrée.

Ce plan d'eau possède une profondeur maximale d'environ 3,5 mètres.

Le plan d'eau possède une morphologie particulière avec un « renforcement » des berges à l'est. Baisse du niveau d'eau estimée = 30 cm

Critique : il manque ici une mesure près du déversoir où on peut imaginer que la profondeur peut être plus importante qu'aux autres endroits proches du barrage.

Il faut donc penser à faire les mesures aux « points stratégiques » lors des levés bathymétriques.

Il manque également les mesures GPS tout autour du plan d'eau. Il sera donc nécessaire d'ajouter des points sur le pourtour du plan d'eau à l'aide d'ArcMap.

2. Conclusion de réalisation

Indicateurs de réalisation

	nombre de points de mesure		temps de réalisation sur la pièce d'eau
	en berge	sur l'eau	
Plan d'eau à la Grande Rhée	66	66	2 h (en enlevant interruption)
Plan d'eau à la Chaise Boire	35	46	1 h
Plan d'eau à la Lanfrère	0	51	1 h

Tableau 1 - Points de mesures et temps de réalisation pour chacun des plans d'eau

Amélioration de la méthodologie

Pour améliorer ce travail, voici quelques pistes de réflexion :

Mieux étudier l'**accessibilité** au plan d'eau lors de la préparation du terrain pour éviter toute perte de temps.

Pour savoir si l'on a assez de points, s'ils sont bien disposés et bien répartis, l'idéal serait d'apporter un **ordinateur portable de terrain** muni d'ArcMap pour extraire directement les points et les superposer à l'orthophotographie une fois de retour sur la berge. Il serait alors possible de se rendre rapidement à l'endroit où les lacunes sont trop importantes.

Si l'on voulait des résultats très précis sur la capacité maximale du plan d'eau, on pourrait également faire un **levé topographique autour du plan d'eau** à l'aide d'un théodolite. On pourrait alors également modéliser les berges et la digue du plan d'eau.

Mettre plus de **points de repère** autour du plan d'eau.

Prendre des mesures GPS au niveau de points de repères visibles sur orthophotographie pour mieux se rendre compte de la précision de la localisation.

Penser à prendre des points de mesures aux **endroits « stratégiques »** (près du barrage, des ouvrages comme les pompes, déversoirs, vannes...).

Observer plus précisément l'orthophotographie avant le terrain pour voir les endroits clés de changement de profondeur qui apparaissent parfois assez clairement pour certains plans d'eau.

Ajouter des colonnes sur la fiche terrain notamment pour mieux se repérer et faire un maximum d'observations : commentaires, végétation, numéro de la mesure de localisation (indiqué sur le GPS).

Extrait de **fiche de terrain** améliorée suite au terrain (ci-après):

Mesures de bathymétrie								
	ID_plan d'eau:			Date:				
N°	Numéro de la mesure (GPS)	X (degré/minute/seconde)	Y (degré/minute/seconde)	Z (m)	n° de ligne de mesure	distance à la berge	végétation	commentaire
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Tableau 2 - Extrait de fiche de terrain améliorée suite au terrain

II. Résultats et discussion

Après la phase de terrain, l'extraction des points de mesures du GPS, la saisie des profondeurs mesurées et quelques étapes de vérification (toutes ces étapes sont expliquées en annexe), on peut commencer à faire des interpolations à partir de Surfer.

Avant toute chose, on procède à un premier test pour voir s'il est nécessaire d'enlever certains points qui nuisent à la bonne modélisation du fond du plan d'eau ou au contraire s'il est nécessaire d'en ajouter. On va donc réaliser des courbes bathymétriques à partir d'un krigeage (ou *kriging* = méthode d'estimation linéaire) via Surfer.

On réalise également d'autres courbes réalisées cette fois-ci à la main via ArcMap (ou même sur feuille) selon les points de mesures réalisés et la vision que l'on a du fond du plan d'eau suite au terrain (et éventuellement ce que l'on observe sur l'orthophotographie).

On peut donc comparer le résultat obtenu par logiciel avec le résultat attendu. Selon les divergences, on procède donc à des ajustements des points de mesures : les points ajoutés le seront en fonction des courbes bathymétriques tracées à la main, ceux enlevés le seront s'ils tranchent avec les autres points, s'ils déforment la morphologie du plan d'eau.

Voici les résultats des courbes bathymétriques obtenues par interpolation :

1. Courbes bathymétriques sous Surfer

Plan d'eau de la grande Rhée (359)

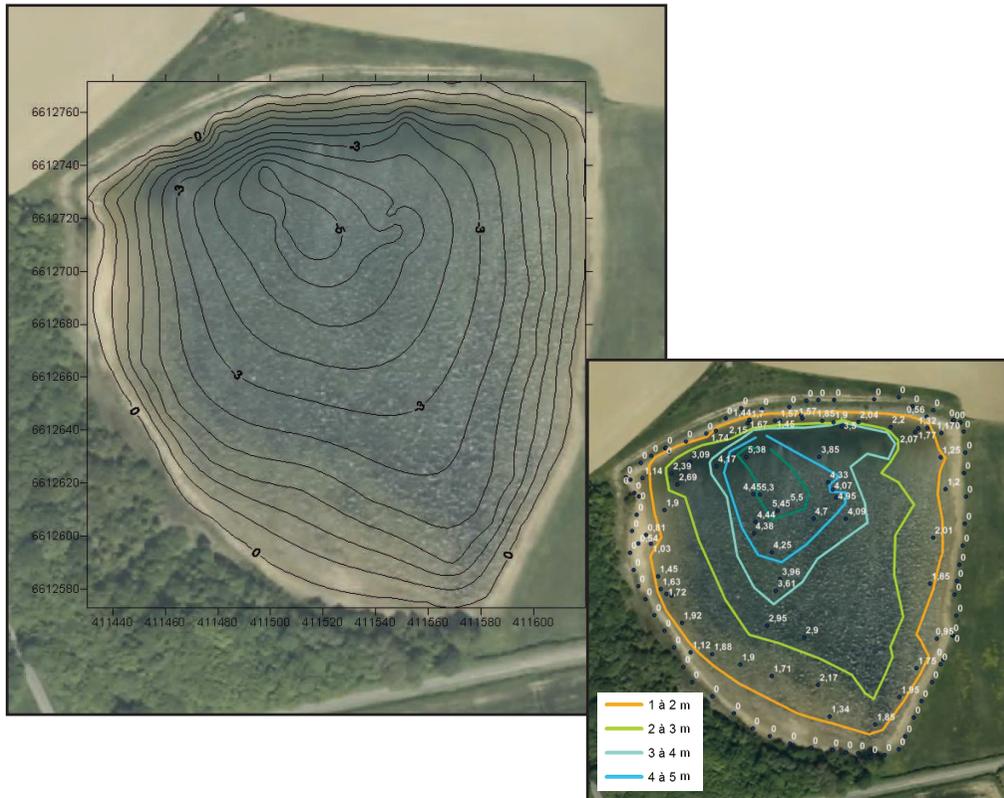


Figure 4- Bathymétrie obtenue sur le plan d'eau 359 - La Grande Rhée via Surfer (gauche) et tracée à la main sous SIG (droite)

Les courbes obtenues sur ce plan d'eau sont très satisfaisantes : cela correspond parfaitement à l'idée que l'on pouvait se faire de la bathymétrie. L'interpolation est excellente. Les courbes concordent de plus avec ce que l'on peut observer quant à la bathymétrie directement via l'orthophotographie. Aucun point ne sera donc ajouté sur ce plan d'eau.

Remarque : la baisse du niveau d'eau observée n'est pas encore prise en compte dans le résultat obtenu via Surfer présenté ici; d'où la différence de valeurs de profondeur observée.

Plan d'eau de la Chaise Boire (369)



Figure 5 - 1ère bathymétrie obtenue sur le plan d'eau 369 - La Chaise Boire via Surfer



Figure 6 - Bathymétrie du plan d'eau 369 - La Chaise Boire; tracée à la main

Pour ce plan d'eau, on remarque tout d'abord qu'il faut ajouter des points au « milieu » du plan d'eau, non loin du centroïde. En effet, le fond de ce plan d'eau est assez régulier, mais le fait que certaines parties du plan d'eau soient plus fournies en points de mesures que d'autres génère une morphologie qui n'est pas très convaincante et qui ne répond pas à l'idée faite lors de la campagne de terrain.

On remarque également la présence d'un point de profondeur à l'extérieur du plan d'eau (ouest-figure 2), du fait de l'imprécision du GPS. Celui-ci doit être supprimé.

Remarque : la baisse du niveau d'eau observée n'est pas encore prise en compte dans le résultat obtenu via Surfer présenté ici; d'où la différence de valeurs de profondeur observée.



Figure 7 - Seconde bathymétrie obtenue sur le plan d'eau 369 - La Chaise Boire via Surfer

Ce résultat est bien plus satisfaisant, bien que la forte densité de points par endroits semble toujours jouer sur la morphologie du fond du plan d'eau. On peut raisonnablement penser que cela n'affectera pas trop le calcul du volume puisque les variations ne représentent pas une hauteur importante (10cm entre chaque courbe).

Plan d'eau de la Lanfrère (1155)



Figure 8 - 1ère bathymétrie obtenue sur le plan d'eau 1155 - La Lanfrère via Surfer (gauche) et à la main (droite)

Le premier résultat de bathymétrie semble satisfaisant ; cependant pour rapprocher ce résultat de l'observation de terrain il semble préférable d'injecter des points supplémentaires de contrôle en proximité de berge (pour augmenter la pente) et sur la partie nord du plan d'eau.

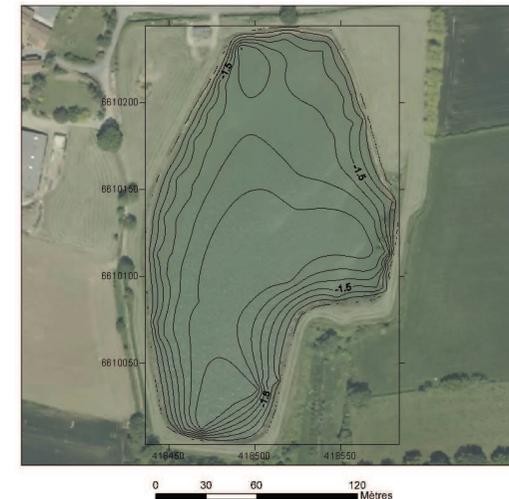


Figure 9 - 2nde bathymétrie obtenue sur le plan d'eau 1155 - La Lanfrère via Surfer

Voici les courbes après l'ajout de quelques points. Il ne s'agit pas exactement du résultat attendu mais le calcul du volume devrait être correct après correction de la pente du côté ouest du plan d'eau. Les fluctuations de certaines portions des courbes ne sont pas très réalistes mais ne devraient pas influencer de façon notable le résultat du calcul du volume.

Profils en long et pentes générales des plans d'eau

La pente du fond des plans d'eau pourrait être l'un des descripteurs permettant d'affiner des méthodes de calcul de capacité volumique des plans d'eau. Il semble donc intéressant de s'attarder un peu sur ce point, notamment pour voir si la pente peut-être déterminée sans étude de bathymétrie et comment l'évaluer avec ou sans bathymétrie.

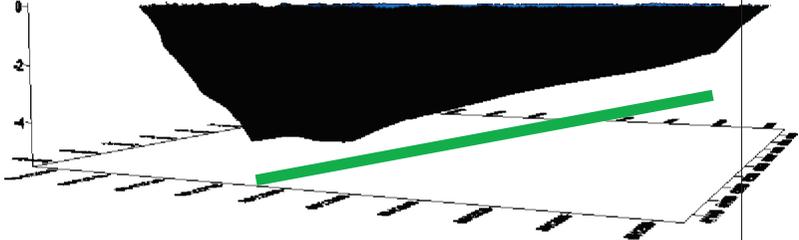
	Pente générale du secteur où se trouve le plan d'eau	Schéma profil en long
Plan d'eau La Grande Rhée	2.74% (MNT) 2.64% (Scan25)	<p>AVAL AMONT</p>  <p>Selon le tronçon proposé : Pente = 2.79</p>
Plan d'eau La Chaise Boire	1.14% (MNT) 1.17% (Scan25)	<p>AVAL AMONT</p>  <p>Selon le tronçon proposé (vert): Pente = 0.38 Sur toute la longueur du plan d'eau (jaune): pente = 0.125</p>
Plan d'eau La Lanfrère	1.62% (MNT et Scan25)	<p>AVAL AMONT</p>  <p>Selon le tronçon proposé : Pente = 1.25</p>

Tableau 3 - Profils en long et pentes obtenues respectivement via Surfer, et via MNT et Scan 25 ; pour chacun des plans d'eau.

Comme on le voit ci-dessous, il est assez compliqué de choisir le profil sur lequel on établit la pente du fond du plan d'eau. L'idéal est de choisir la pente principale, au niveau des points les plus bas du plan d'eau, en partant de la limite inférieure de la base de la berge, jusqu'au point le plus profond. Mais tous les plans d'eau sont différents et il paraît parfois plus judicieux de calculer la pente sur la totalité de la longueur de plan d'eau (ex : le 2^e profil ci-dessus, dont le fond est relativement plat ; sans doute plus que ce que montre l'interpolation). Dans tous les cas, il paraît surtout utile de connaître la pente de manière relative. C'est-à-dire savoir si elle est très importante ou plutôt faible.

Il faudrait donc dégager des gammes de valeur permettant de classer ces plans d'eau selon leur pente. Exemple : entre 0 et 1% → pente faible ; entre 1 et 2 → pente moyenne ; > 2% → pente forte.

2. Calcul des capacités volumiques des plans d'eau

	Capacité : Intégration des points de contour + point de profondeur max	Nb de points (berge + point dans le plan d'eau)	Capacité : Intégration des points de contour + tous les points de la campagne de terrain	Nb de points (berge + point dans le plan d'eau)	Capacité : Intégration des points de contour + les points de la campagne de terrain ajusté + points de calage	Nb de points (berge + point dans le plan d'eau)
Plan d'eau La Grande Rhée	37 636	66 + 1	74 442	66 + 66	/	/
Plan d'eau La Chaise Boire	1 329	110 + 1	7 028	110 + 78	8 380	110 + 94
Plan d'eau La Lanfrère	8 087	126 + 1	51 111	126 + 52	54 019	126 + 85

Tableau 4 - Capacité volumique obtenue via Surfer en changeant le nombre de points de mesures

Voici donc les résultats obtenus après les interpolations en faisant varier le nombre de points de profondeur utilisés. Les résultats en gras sont ceux privilégiés ; c'est-à-dire les résultats obtenus avec l'utilisation de tous les points : points de la campagne de terrain, points délimitant le contour du plan d'eau, et points ajoutés ; hormis pour le premier plan d'eau où tout ajout serait superflu.

Relation entre nombre de points de profondeur et capacités obtenues

On cherche désormais à déterminer le nombre de points qu'il est nécessaire d'utiliser pour calculer la capacité volumique d'un plan d'eau. On regarde donc tout simplement l'évolution du volume calculé selon le nombre de points utilisés pour l'interpolation.

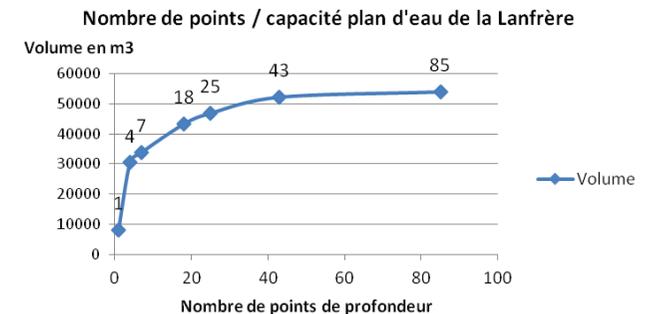


Tableau 5 - Relation entre nombre de points et capacité volumique obtenue via Surfer pour le plan d'eau 1155

Capacités volumiques calculées :

Après les différentes estimations, il apparaît clairement que le calcul du volume sous Surfer avec seulement le point de profondeur maximale et le contour du plan d'eau ne donne pas de résultat satisfaisant. La valeur obtenue est très éloignée de la réalité (plus de 50% de différence).

Pour faire des estimations sur la totalité des plans d'eau du bassin à partir de la profondeur maximale, il faudrait donc passer par des formules de calcul dépendant de la topographie et de la géométrie des plans d'eau plutôt que par un logiciel de type Surfer, puisqu'aucun des modèles d'interpolation ne donne satisfaction avec l'utilisation d'un seul point de mesure.

Mais pour voir si une relation existe entre la capacité volumique et le point maximal des plans d'eau, ou du moins pour trouver des formules adaptées aux différentes morphologies permettant d'approcher au mieux la capacité volumique du plan d'eau, il faudrait avoir un échantillonnage bien plus important de plans d'eau avec étude bathymétrique (> 30 plans d'eau) pour pouvoir faire des statistiques.

En revanche, avec un nombre suffisant de points de mesures, bien répartis dans le plan d'eau, on peut être satisfait de la méthode utilisée, qui permet une bonne modélisation du plan d'eau.

Annexe 1 : Procédure traitement des données de terrain

Étapes optimales pour le traitement de la donnée suite au retour d'expérience sur les 3 plans d'eau :

- Extraire les données du GPS vers l'ordinateur
- Importer sur ArcMap, en prenant soin de changer de système de projection
- Séparer les points GPS au sein du plan d'eau des points GPS pris sur les berges, en se fiant aux numéros des mesures, et non pas à la localisation (imprécisions du fait de la précision du GPS pouvant atteindre 5-6 mètres). On ajoute donc une colonne « situation du point de mesure » dans la table attributaire
- Ajouter une colonne profondeur, et des colonnes pour les X et Y convertis en *degrés-minutes-secondes* pour pouvoir comparer avec les X et Y notés sur la fiche de terrain
- Importer la table attributaire sur Excel pour ajouter les profondeurs, et supprimer les points GPS « ratés », c'est-à-dire ceux où il n'y a pas eu de mesure de profondeur, et les éventuels « doublons ».
- Ajouter la valeur correspondant à la baisse de niveau d'eau estimée
- Réintégrer à ArcMap, et vérifier la fiabilité des points GPS et de leur profondeur associée. Si des points paraissent hors norme, on pourra ensuite les supprimer.
- Réalisation des courbes bathymétriques par interprétation des levés
- Mettre les points de mesures et leur profondeur sous tableau Excel (format : .xls), avec 3 colonnes : X, Y, profondeur (Z) afin de les importer sous Surfer.
- Dessiner les courbes de bathymétrie par interpolation dans surfer. Ceci permet de voir si l'interpolation est correcte (en comparant avec les courbes tracées par interprétation des levés), et donc de voir si les points sont suffisants en nombre et permettent une représentation suffisamment proche de la réalité.
- Enlever les points aberrants et ajouter les points supplémentaires nécessaires en berge, et au sein du plan d'eau selon les courbes bathymétriques faites à la main au préalable.
- Faire une seconde carte des courbes bathymétriques
- Si le résultat est satisfaisant, on peut vérifier si l'allure du plan d'eau est correcte via la modélisation 3D du fond du plan d'eau, et enfin calculer le volume.

Annexe 2 : Procédure Surfer : Courbes de bathymétrie, modèle 3D, volume...

- Ouvrir Surfer
- **Grid** → **Data** → Sélectionner le fichier .xls contenant 3 colonnes avec : longitude (X) ; latitude (Y) ; profondeur (Z). (attention à l'ordre : dans GPS ; classé Y – X)
- Dans **gridding method** on choisit préférentiellement la méthode du **kriging**.
- Enfin, on peut affiner les mailles de calcul pour plus de précision (**spacing**), mais cela n'influencera presque pas le calcul du volume. Cela est plus important si l'on veut faire des modèles 3D.
- **OK** → créer fichier .grd.

Dessiner les courbes de bathymétrie :

- **Map** → **Contour Map** → sélectionner le fichier .grd que l'on vient de créer. La carte s'affiche.

Pour plus de visibilité, on peut masquer ou supprimer les courbes des niveaux > 0 m

- Double-clic sur la carte → **Levels** → on sélectionne le niveau en question et **Delete** ou on change la symbologie en « invisible ».

On peut également ajouter des nuances de gris ou de couleur

- Toujours dans le menu après le double-clic sur la carte, on coche **Fill contours** (nuances de gris qui apparaissent selon la profondeur) et **Color scale** si l'on veut de la couleur entre les lignes, que l'on choisit dans le l'onglet **Scale**.

Si l'on est satisfait des courbes de bathymétrie, on peut également regarder l'allure du plan d'eau en 3D

- **Map** → **Surface** on choisit le fichier .grd en cours d'utilisation
- Si l'on ne veut pas voir l'interpolation qui se fait autour du plan d'eau (au dessus du niveau 0), il faut créer un fichier de type **blank** (voir autre procédure).

Enfin, pour le calcul du volume :

- **Grid** → **Volume** on choisit encore le fichier .grd en question.
- Dans **upper surface**, on choisit le fichier .grd.
- Dans **lower surface**, on impose la valeur de 0.
- La valeur du volume recherchée se trouve dans la fenêtre textuelle qui apparait au niveau de **Cut & Fill Volumes** → **Negative volume [fill]** ; ce sera ainsi seulement le volume sous la valeur de $Z=0$ qui sera pris en compte.