

		<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
			Date	11/06/14
			Page	1/75

Étude de connaissance des marées vertes du littoral Atlantique sous influence de la Loire et de la Vilaine

Mission MB1 : flux de nutriments, recueil et validation des données existantes, calcul des flux aux exutoires

Objet					
Rapport					
Rédacteur			CEVA/Sylvain BALLU		
Liste de diffusion :					
Nom		Structure		Nom	
Pierre TRABUC Hélène LEGRAND		DREAL Pays de Loire DREAL Pays de Loire			
Visas					
Structure	CEVA	CEVA	DREAL		
Nom	Sylvain Ballu	Nadège ROSSI	Hélène LEGRAND		
Qualité	Chef Projet	Responsable qualité	Pilotage Etude		
Visa					



  <small>Liberté • Égalité • Fraternité</small> <small>REPUBLIQUE FRANÇAISE</small> <small>PRÉFET</small> <small>DE LA RÉGION</small> <small>PAYS DE LA LOIRE</small>	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	2/75

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION.....	7
2.	CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	8
2.1.	DESCRIPTION DE LA COMMANDE :	8
	<i>Rappel du cahier des charges :</i>	8
2.2.	DESCRIPTION DES OBJECTIFS :	8
2.2.1.	<i>Objectifs liés à la modélisation écologique :</i>	8
2.2.1.1.	Sources considérées et points d'entrée des données de flux dans le modèle :	9
2.2.1.2.	Modèles de rang 1 :	11
2.2.1.3.	Données de flux à intégrer	12
2.2.1.4.	Fréquence et périodes d'apports à considérer :	12
2.2.1.5.	Choix des années de modélisation	13
2.2.2.	<i>Objectifs liés à la description des apports et leurs évolutions :</i>	13
2.2.3.	<i>Démarche retenue pour répondre aux objectifs :</i>	14
3.	MATERIEL ET METHODES.....	15
3.1.	DESCRIPTION DES DONNEES BRUTES	15
3.1.1.	<i>Identification des exutoires.....</i>	15
3.1.2.	<i>Données de débit.....</i>	16
3.1.2.1.	Données de débit de la banque Hydro :	16
3.1.2.2.	Données locales de débit:.....	19
3.1.3.	<i>Données de qualité de l'eau des cours d'eau.....</i>	20
3.1.3.1.	Données de qualité de l'eau des réseaux de surveillance :	20
3.1.3.2.	Données locales de qualité des cours d'eau	25
	ADBVB.....	25
	Cap-Atlantique.....	25
	Le Croisic.....	25
	Syndicat mixte des Marais St Jean de Monts- Beauvoir	25
3.1.3.3.	Stations retenues comme stations de référence	26
3.1.4.	<i>Données d'apport par les stations d'épuration.....</i>	28
	SATESE 85, 44, 17.....	28
3.1.5.	<i>Validation des données brutes</i>	29
3.2.	DESCRIPTION DU MATERIEL UTILISE	29
3.3.	DESCRIPTION DES METHODES DE CALCUL DE FLUX	29
3.3.1.	<i>Principes.....</i>	29
3.3.2.	<i>Méthode retenue pour le calcul des flux journaliers des cours d'eau</i>	30
3.3.2.1.	Calcul des surfaces de bassin versant :	33
3.3.2.2.	Calcul des lames drainantes	33
3.3.2.3.	Association des stations de référence débit et qualité de l'eau.....	36
3.3.2.4.	Evaluation des incertitudes sur les calculs de flux	45
3.3.3.	<i>Cas particulier du calcul de flux d'azote organique, phosphore détritique et adsorbé, silicates de certains exutoires.....</i>	57
3.3.3.1.	Silicates :	57
3.3.3.2.	Phosphore total, particulaire et adsorbé :	57
3.3.3.3.	Azote organique, azote détritique :	61
3.3.4.	<i>Méthode retenue pour le calcul des apports journaliers par les STEP.....</i>	62
3.3.4.1.	Calcul du flux journalier.....	62
3.3.4.2.	Cas particulier de données manquantes	62
3.3.4.3.	Evaluation des incertitudes sur le calcul des flux.....	63
4.	RESULTATS.....	64
4.1.	APPORTS PAR SECTEURS GEOGRAPHIQUES	64
4.1.1.	<i>Bilan des apports par secteur géographiques.....</i>	64
4.1.1.1.	Sur la période mai septembre.....	64
4.1.1.2.	Sur l'année.....	66
4.1.2.	<i>Cartes des flux sur la période mai-septembre.....</i>	69
4.1.3.	<i>Cartes des flux sur les sites d'échouage pour la période mai-septembre</i>	71





Rapport MB1

Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
Date	11/06/14
Page	3/75

4.2.	APPORTS PAR TYPOLOGIE	71
4.2.1.	<i>Bilan par nutriment</i>	71
4.2.2.	<i>Bilan cours d'eau vs STEP</i>	72
5.	CONCLUSIONS	74



FIGURES

Figure 1 : Emprise géographique du modèle général de rang 0 et des deux modèles de détails de rang 1	9
Figure 2: Carte des exutoires de cours d'eau et de STEP	16
Figure 3: Cartes de l'ensemble des stations limnométriques de la banque hydro qui ont été extraites pour l'étude.....	17
Figure 5 : Nombre de données présentes pour chacune des stations OSUR.	22
Figure 6 : Nombre de données des stations DDTM.....	23
Figure 7 : Données complémentaires recueillies auprès d'organismes locaux.....	26
Figure 8 : Stations de mesure de la qualité de l'eau retenues pour l'évaluation des concentrations aux exutoires.....	27
Figure 9 : Exemple des différents types d'informations disponibles sur un bassin versant à partir desquelles le calcul de flux à l'exutoire en mer doit être estimé.....	32
Figure 10 : Cartes des bassins versants, les bassins versants côtiers peuvent contenir plusieurs petits cours d'eau Carthage ayant leur exutoire en mer	33
Figure 11 : pluviométrie annuelle (source : météoFrance).....	34
Figure 12 : Localisation des stations débits de référence (banque Hydro).....	35
Figure 13: Comparaison entre les débits observés et les débits calculés à partir d'une station de jaugeage sur un cours d'eau voisin corrigé ou non du rapport de lame drainante. (DS correction de surface, DSLC correction de surface et de lame drainante)	36
Figure 14 : Golfe du Morbihan, baie de Vilaine (entourées en rouge, les stations qualité retenues pour le calcul)	37
Figure 15 : Sud Vilaine (rappel : station de référence de débit : Le Quinquizio, sur l'Arz).....	38
Figure 16 : zone nord Loire (débit référence : Saint-Etienne de Mer Morte, sur le Falleron).....	39
Figure 17 : zone Loire amont (station de référence débit : Villeneuve, sur l'Ognon)	40
Figure 18 : Sud Loire (référence débit : Saint Etienne de Mer Morte, sur le Falleron)	41
Figure 19 : Zone Noirmoutier (référence débit: Challans, Saint-Etienne de Mer Morte, sur le Falleron et Challans, sur le Pont Habert).....	42
Figure 20 : Zone Nord Vendée (débits références : La Birochere, sur la Petite Boulogne et Petit-Besson sur l'Auzance)	43
Figure 21 : Zone Sud Vendée (station débit référence : Sainte-Pexine, sur le Lay et Petit Besson sur l'Auzance).....	44
Figure 22 : Zone Ile de Ré (débits référence, Sainte-Pexine, sur le Lay et Pont-Sncf, sur la Sèvre niortaise, Chapelle Achard, sur la Renolière (pour Ile de Ré)).....	45
Figure 23 : Synthèse par bassin versant des types de donnée disponibles.....	47
Figure 24 : Simulation dans le Golfe du Morbihan (cas réf : Brech, 419500),.....	50
Figure 25: Simulation sur la côte Vendéenne (cas réf : CHALLANS, 4150640).....	50
Figure 26: Simulation sur la côte Vendéenne (cas réf : Birochère, 4150900).....	51
Figure 27: Simulation sur la côte Vendéenne (cas réf : Petit Besson , 4153160).....	51
Figure 28 : Schéma de principe de la répartition du phosphore total en phosphore dissous et phosphore particulaire et phosphore adsorbé (les cases en rouge représentent les variables utilisées en entrée du modèle).....	58
Figure 29 : Série de forçage en phosphore dissous pour l'estuaire de la Loire déduite de la régression linéaire entre les mesures disponibles à Montjean et St Nazaire	60
Figure 30 : Relation Pt/PO4 (cours d'eau).....	60
Figure 31 : Relation Nh4/Nk (cours d'eau)	61
Figure 32 : Relation NH4-Nk (sortie de STEP).....	63





Rapport MB1

Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
Date	11/06/14
Page	5/75

Figure 33 : flux de nitrates de mai à septembre pour les années 2006 à 201265

Figure 34 : flux d'ammonium de mai à septembre pour les années 2006 à 201265

Figure 35 : flux de phosphates de mai à septembre pour les années 2006 à 201266

Figure 36 : flux de nitrates annuels sur les années 2006 à 201267

Figure 37 : flux d'ammonium annuels sur les années 2006 à 201267

Figure 38 : flux annuels de phosphates sur les années 2006 à 201268

Figure 39 : flux annuels de phosphore sur les années 2006 à 201268

Figure 40 : carte des flux d'azote inorganique dissous sur la période mai-septembre des années 2009 à 201269

Figure 41 : carte des flux de phosphates sur la période mai-septembre des années 2009 à 201270

Figure 42 : forme des apports d'azote et de phosphore à l'échelle de la zone d'étude pour les années 2006 à 2012 pour mai-septembre et sur l'année.....71

Figure 43 : flux d'ammonium par source pour les années 2006 à 2012 pour mai-septembre et sur l'année72

Figure 44 : flux de nitrates par source pour les années 2006 à 2012 pour mai-septembre et sur l'année.....72

Figure 45 : flux de phosphates par source pour les années 2006 à 2012 pour mai-septembre et sur l'année73



  <small>Liberté • Égalité • Fraternité</small> REPUBLIQUE FRANÇAISE PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	6/75

TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des exutoires utilisés pour le forçage du modèle de rang 0	10
Tableau 2 : Caractéristiques des données de débit pour la Gironde et la Charente.....	11
Tableau 3 : Liste des stations débit utilisées (code et « nom station »)	18
Tableau 4 : Fréquences de mesures pour chaque paramètre par le réseau DDTM	24
Tableau 5 : Caractéristique des stations de jaugeage (utilisées pour l'estimation des débits voisins).....	35
Tableau 6 : Disponibilité des données sur l'ensemble des cours d'eau, en nombre d'exutoires	46
Tableau 7 : Disponibilité des données sur l'ensemble des cours d'eau, en surface de bassin versant concernée.....	46
Tableau 8 : Estimation des incertitudes sur cinq rivières côtières du domaine d'étude (+ Loire et Vilaine, cf MB4).....	48
Tableau 9 : tableau récapitulatif des cas testés	52
Tableau 10 : Calcul des rapports de débits et flux par rapport à la station de référence sur les valeurs annuelles et mai-septembre (simulé/référence).....	52
Tableau 11 : Estimation d'erreur pour les différents paramètres pour les rivières sans information de débit et de qualité	54
Tableau 12 : Pourcentage d'erreur pour les paramètres selon le niveau d'informations disponibles.....	55
Tableau 13 : Récapitulatif des incertitudes minimum et maximum par niveau de données disponibles pour l'évaluation de l'incertitude sur les flux à l'échelle de l'ensemble de la zone.....	56
Tableau 14 : Erreur relative minimum et maximum sur le flux total de la zone d'étude ...	57
Tableau 15 : Synthèse de la valeur K de la loi linéaire permettant de déduire le phosphore dissous à partir des mesures en phosphore total pour les estuaires de la Loire, de la Vilaine, de la Sèvre Niortaise et du Lay (valeurs ajustées sur les années 2009 à 2012 inclus).....	59
Tableau 16 : Synthèse de la valeur moyenne estimée de 2009 à 2012 des séries reconstituées en phosphore dissous, phosphore particulaire (inorganique + organique) et phosphore adsorbé sur les estuaires de la Loire, de la Vilaine, de la Sèvre Niortaise et du Lay.....	59



  <small>Liberté • Égalité • Fraternité</small> <small>REPUBLIQUE FRANÇAISE</small> <small>PRÉFET</small> <small>DE LA RÉGION</small> <small>PAYS DE LA LOIRE</small>	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	7/75

1. INTRODUCTION

Ce document est le rapport final concernant la tâche MB1 du lot 1 du marché intitulé : « Étude de connaissance des marées vertes du littoral Atlantique sous influence de la Loire et de la Vilaine ». Le bureau d'étude HOCER a réalisé la tâche MB1, en qualité de sous traitant du CEVA, titulaire du marché et en a fait un rapport d'étude au CEVAⁱ. Pour répondre à la demande de la DREAL Pays de Loire, de disposer d'un rapport plus synthétique, le CEVA en a repris la rédaction et mise en forme, à partir des éléments fournis par HOCER.

L'objectif général de la mission MB1 est la fourniture de données de flux sur l'ensemble de la zone d'étude de la presqu'île de Quiberon à l'Île de Ré. L'objectif particulier de ce document est de décrire la commande initiale et les objectifs définis par le CEVA, le matériel et les méthodes utilisés puis les résultats pour conclure sur la pertinence de l'utilisation de ces données pour la suite de l'étude.

Cette tâche s'insère dans l'étude générale de la connaissance des marées vertes du littoral Atlantique sous influence de la Loire et de la Vilaine. Pour cette étude, la partie modélisation qui reproduira la croissance des algues vertes et du phytoplancton nécessite la connaissance des apports en nutriments des différents tributaires de la zone d'étude.



  <small>LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ</small> <small>REPUBLIQUE FRANÇAISE</small> <small>PRÉFET</small> <small>DE LA RÉGION</small> <small>PAYS DE LA LOIRE</small>	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	8/75

2. Contexte et objectifs

2.1. Description de la commande :

Rappel du cahier des charges :

« La mission intermédiaire MB1 consiste au recueil par le prestataire de toutes les données relatives aux concentrations en nutriments et aux débits des contributeurs nécessaires à l'exécution de la mission B.

Le livrable de la mission intermédiaire MB1 est la présentation à la maîtrise d'ouvrage d'une synthèse critique des données recueillies et validées ainsi qu'une appréciation sur la possibilité de les injecter dans les outils de modélisation retenus par le prestataire.

Le livrable de la mission intermédiaire MB1 doit être transmis à la maîtrise d'ouvrage dans un délai de 6 mois à compter de la date de l'ordre de service de lancement de la prestation. »

Outre le recueil des données de débits et concentrations des contributeurs situés entre Quiberon et Ré, la mission MB1, se propose, pour répondre au CCTP de la mission B, d'évaluer l'évolution des apports locaux, à proximité des sites d'échouages d'algues vertes retenus dans le CCTP et de comparer ces apports locaux entre eux (hiérarchisation des sources) et aux apports de la Loire et de la Vilaine. Le CCTP précisait notamment :

« Pour chacun de ces sites il s'agit d'identifier :

- (.....)
- l'ensemble des sources (cours d'eau, marais, rejets urbains, rejets industriels) d'enrichissement du milieu marin local en nutriments,
- une quantification des flux annuels de nutriments émis par chaque source identifiée, et si possible, une quantification des flux de printemps et d'été.
- une hiérarchisation des sources (cours d'eau, marais rétro-littoraux, exutoires d'assainissement...) en fonction des flux de nutriments apportés,
- (...)

Les objectifs définis par le CEVA pour répondre à l'ensemble du cahier des charges et plus particulièrement à la partie liée aux modélisations écologiques du développement des algues vertes permettent de préciser les attentes de la mission MB1.

2.2. Description des objectifs :

2.2.1. Objectifs liés à la modélisation écologique :

Le CEVA, pour répondre au CCTP, a proposé l'utilisation du modèle Mars 3D-Ulves, développé par le CEVA à partir du modèle ECO-Mars3D de l'Ifremer.

Afin de réaliser une modélisation la plus fine possible, répondant aux attentes du CCTP, le CEVA a retenu des modélisations avec deux emprises emboîtées de résolutions différentes (Figure 1 : Emprise géographique du modèle général de rang 0 et des deux modèles de détails de rang 1) :

- un modèle de rang 0 comportant des mailles de 800 m
- deux modèles de rang 1 comportant des mailles de 250 m



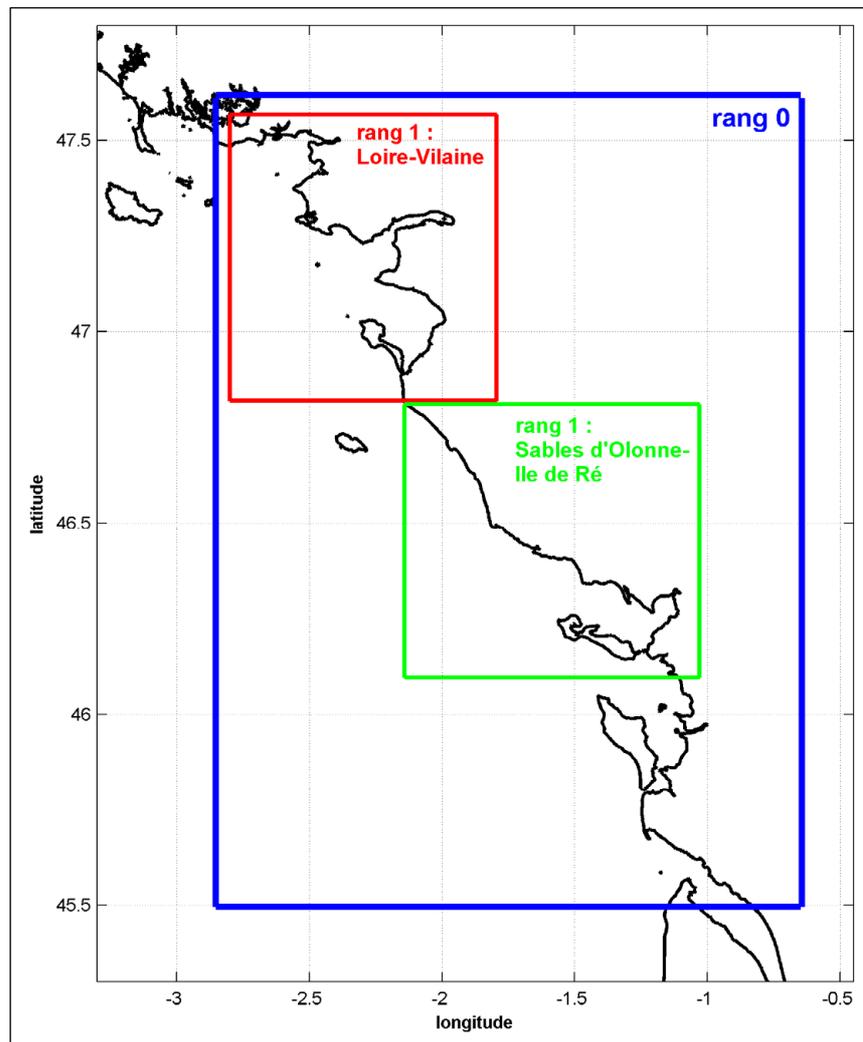


Figure 1 : Emprise géographique du modèle général de rang 0 et des deux modèles de détails de rang 1

2.2.1.1. Sources considérées et points d'entrée des données de flux dans le modèle :

Modèle de rang 0 :

Le modèle de Rang 0, de mailles plus larges, a pour fonction d'alimenter les modèles de détail de rang 1 en leur fournissant des valeurs sur leurs frontières (conditions aux limites). Pour ce modèle, seules les sources les plus importantes sont conservées en entrée. Afin de pouvoir évaluer les sources principales, la première étape a été de considérer :

- toutes les sources comprises entre Quiberon et l'île de Ré. En pratique, afin de ne pas occulter des apports pouvant impacter la zone d'étude, la zone pour laquelle les évaluations ont été réalisées, a été élargie au sud de l'île de Ré jusqu'à la commune d'Angoulins (Sud de La Rochelle). Dans cette zone ont été pris en compte :
 - Toutes les stations d'épuration industrielles comme domestiques rejetant directement en mer **soit 34 STEP (32 exutoires)**,
 - Tous les cours d'eau de la BD Carthage **soit 225 exutoires de nature cours d'eau**. A noter que pour des raisons liées aux contraintes de modélisation



présentées ci-dessous (prise en compte de la courantologie du Golfe du Morbihan), les exutoires situés à proximité du Golfe du Morbihan, de La Trinité sur Mer à Saint Gildas de Rhuy, ont été regroupés au même point et leurs flux additionnés.

- Pour le modèle de Rang 0, seules les sources les plus importantes sont retenues. **Le seuil de 8 m³.s⁻¹** (débit moyen journalier annuel sur 2009-2012) a été retenu pour filtrer ces sources importantes et 8 exutoires sont alors considérés dont 3 ne figurent pas dans l'emprise des modèles de détail de rang 1 et ont fait l'objet de traitement particuliers.

Tableau 1 : Synthèse des exutoires utilisés pour le forçage du modèle de rang 0 (« Exutoire_10 » correspond à la Vilaine ; « Exutoire_21 » à la Sèvre Nantaise ; « Exutoire_84 » au Lay ; « exutoires de la Trinité sur Mer à Saint Gildas de Rhuy » aux apports du Golfe du Morbihan ; « Exutoire_312 » à la Loire et « Exutoire_311 » à la Sèvre Niortaise). Débits moyens journaliers pour les années 2009-2012.

nom exutoire	longitude (degré Ouest)	latitude (degré Nord)	débit moyen (m3/s)
EXUTOIRE_10	-2,381	47,495	64,938
EXUTOIRE_21	-1,721	47,199	17,584
EXUTOIRE_84	-1,261	46,276	12,485
exutoires de la Trinité sur Mer à Saint Gildas de Rhuy	-2,841	47,488	8,06
EXUTOIRE_311	-1,114	46,312	17,199
EXUTOIRE_312	-1,826	47,221	623,076
Gironde	-0,658	46,024	642,48
Charente	-0,999	45,972	63,19

- Les apports du golfe du Morbihan ont été évalués en considérant comme conservatifs les flux de tous les exutoires distincts identifiés. Le fonctionnement du Golfe du Morbihan, ne pouvant pas être représenté dans la modélisation générale du fait notamment de la complexité de la courantologie qui y règne (nécessité de disposer d'une bathymétrie fine, de mailles plus petites pour représenter les courants locaux), il a été proposé, afin de ne pas occulter les apports potentiellement importants des bassins versants qui s'y jettent, de prendre en compte le regroupement de tous les exutoires du Golfe en un point situé au sud est immédiat de Port Navalo, en limite nord ouest du modèle (coordonnées 2.841° W / 47.488° N). En ce point sont donc additionnés les flux des 41 exutoires se jetant dans le Golfe et à proximité (exutoires présents sur la BD Carthage de la Trinité sur Mer à Saint Gildas de Rhuy, évalués dans le cadre de la présente étude). Ce postulat simplificateur pourrait engendrer une surestimation de l'enrichissement local du modèle de rang 1 du fait de la non prise en compte des phénomènes de consommation à l'intérieur du Golfe et de la non représentation de la chasse qui se produit du fait des forts courants. Mais les apports liés au relargage sédimentaires pourraient contrebalancer en partie cette surestimation. En tout état de cause la modélisation plus fine du Golfe devrait faire l'objet d'une étude à part entière et ne peut être abordée dans la présente étude (hors CCTP).
- Les apports de la Charente et de la Gironde (Garonne + Dordogne) n'ont pas été estimés dans la présente étude (hors CCTP). Les modes d'évaluations des flux ont été différents de ceux retenus dans le cadre de la mission MB1. Pour ces cours d'eau, les flux des différents constituants (nitrate, ammonium, phosphate, silicate, matières en suspension, phosphore particulaire et azote organique) ont été évalués en utilisant les lois de passage détaillées dans Guillaud (2008) et reportées en annexe 1-a. Ces lois de passage s'appuient



directement sur les valeurs de débit mesurées en continue par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (cf. Tableau 2).

Tableau 2 : Caractéristiques des données de débit pour la Gironde et la Charente

Bassin	Organisme de mesure	N° station	Lieu
Dordogne	AEAG ^(*)	05047000	Gardonne
Garonne	AEAG	05081000	Couthures
Charente	AEAG	05006900	Taillebourg

* AEAG : Agence de l'Eau Adour-Garonne

2.2.1.2. Modèles de rang 1 :

Afin de ne pas négliger les apports locaux qui pourraient avoir un impact important, en particulier sur les proliférations algales locales au niveau des sites d'échouage, il a été décidé de ne pas se limiter uniquement aux apports des grands fleuves et d'intégrer toutes les sources locales identifiables. Pour cela, ont été considérés :

- Tous les exutoires, identifiés lors de la phase précédente qui se jettent dans l'emprise des deux modèles de rang 1 (sources prises en compte dans le modèle de rang 0 : cf. ci-dessus). Sur les 257 sources identifiées sur la zone élargie, sont alors retenus 209 exutoires (32 de type STEP et 177 de type cours d'eau)
- Toutes les stations d'épuration industrielles comme domestiques rejetant directement en mer soit 34 STEP pour 32 exutoires¹,
- Tous les cours d'eau de la BD Carthage sauf cas particulier de la Loire (cf. point suivant), ont été positionnés d'après les positions de la BD Carthage. A noter que pour des raisons liées aux contraintes de modélisation présentées ci-dessus (notamment exutoires du Golfe du Morbihan non situés dans les modèles de Rang 1), le modèle considère 209 exutoires mais dans le cadre de l'étude MB1, ce sont bien 257 exutoires qui ont été suivis individuellement.
- Pour la Loire, le point d'entrée du modèle a été déterminé au niveau de Couëron, à environ 40 km en amont de Saint-Nazaire. Cela permet au modèle de simuler la dilution progressive des sels nutritifs issus de l'estuaire de la Loire sous l'action du mouvement de va et vient de la marée et les apports par les affluents localisés entre Couëron et Saint-Nazaire. En ce point, la chasse dynamique de marée est importante comme en atteste les mesures de salinité enregistrées par la DDTM de Loire-Atlantique en 2009 (salinité variant entre 0 et 15 PSU). Un positionnement du point d'entrée au niveau de Montjean, d'où provient l'essentiel des données de débit et de concentration (à l'exception des séries en phosphore dissous et en MES), n'a pas été possible en raison de la réduction importante de la largeur de la Loire en amont de Couëron (taille de la maille du modèle devenant supérieure à la largeur de la Loire). Par ailleurs, le modèle écologique utilisé ne prenant pas en compte le phytoplancton d'eau douce, il n'est pas pertinent de le faire fonctionner sur le domaine purement d'eau douce. Le positionnement au niveau de Couëron constitue donc un bon compromis. A noter également pour la Loire, l'utilisation de la série haute fréquence de données de matières en suspension mesurées par le

¹ Le terme « directement en mer » concerne aussi les exutoires de l'estuaire de la Loire à l'aval de Couëron.



  <small>Liberté • Égalité • Fraternité</small> <small>REPUBLIQUE FRANÇAISE</small> <small>PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE</small>	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	12/75

Groupement d'Intérêt Public (GIP) Loire Estuaire à la station Bellevue située en amont immédiat de Nantes. Les mesures ont été acquises au moyen d'un turbidimètre (unité NTU) et transformées en mg.l-1 au moyen d'une relation spécifique à la station Bellevue liant la concentration de la matière en suspension à la turbidité (loi communiquée au Ceva par le GIP Loire Estuaire).

2.2.1.3. Données de flux à intégrer

Afin de représenter l'environnement nutritionnel dans lequel évoluent les différents compartiments biologiques impliqués dans le travail de modélisation de la présente étude (ulves et phytoplancton) le modèle nécessite la connaissance des variables suivantes :

- L'azote minéral dissous sous la forme nitrate (N-NO₃-) et ammonium (N-NH₄⁺), la forme nitrite étant négligée,
- Le phosphate minéral dissous dans l'eau (P-PO₄³⁻) et le phosphore adsorbé,
- Le silicium dissous dans l'eau (Si(OH)₄),
- L'azote, le phosphore et la silice sous leur forme détritique dans l'eau,
- La matière en suspension (M.E.S).

Ces différentes variables doivent donc être recherchées pour chacun des exutoires alimentant le modèle.

2.2.1.4. Fréquence et périodes d'apports à considérer :

Pour reproduire le plus finement possible la dispersion des différents constituants listés ci-dessus, le modèle calcule à chaque pas de temps, de l'ordre de 40 secondes, variable selon l'intensité du courant de marée, l'évolution des différents variables dissoutes et particulaires en chaque maille. Les données d'entrée du modèle, notamment aux exutoires, sont classiquement évaluées en flux journalier de sorte à maîtriser au mieux ces apports au modèle (le modèle effectue à chaque pas de temps une interpolation linéaire pour en déduire la valeur de la variable à la nouvelle date simulée)

Les objectifs fixés par le CEVA en termes de fréquence de donnée sont donc :

- D'une donnée journalière de flux pour les différents constituants listés ci-dessus sur la période simulée allant du 1er mars au 31 octobre : les processus biologiques de synthèse de biomasse algale et phytoplanctonique ne deviennent vraiment actifs (température, lumière) qu'en avril. Cependant, afin de permettre au modèle d'équilibrer les concentrations des différents constituants, les modélisations biologiques débutent en mars pour le phytoplancton et en avril pour les ulves pour s'achever en octobre, période au-delà de laquelle les processus de synthèse biologique deviennent marginaux vis-à-vis des processus dégradatifs. En pratique la demande a été formulée de calculer les flux sur l'ensemble de la période annuelle, au pas de temps journalier.
- Pour exprimer les résultats sur les différentes sources, il a, de plus, été demandé de faire des synthèses sur le flux annuel (année calendaire) et sur la période la plus productive (1er mai au 30 septembre), période sur laquelle des limitations par les apports nutritionnels sont envisagées. La prise en compte dans les synthèses de flux sur la « période productive » du mois d'avril pour synthétiser les apports risquait en effet de masquer les périodes d'étiages particulièrement importantes pour la biologie côtières (le mois d'avril



  REPUBLIQUE FRANÇAISE PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	13/75

représentant certaines années des flux encore très importants par rapport aux flux d'étiage).

2.2.1.5. Choix des années de modélisation

Le CCTP demandait à ce que la calibration du modèle soit réalisée sur deux années. Le CEVA, avait proposé de retenir :

- Les années 2009 et 2012 pour la calibration du modèle,
 - 2012 étant la seule année disponible pour laquelle le CEVA dispose de données de teneurs internes en azote et phosphore dans les algues de certains des secteurs d'échouages de la zone d'étude (mesures dans le cadre du réseau de contrôle opérationnel (RCO) de la Directive Cadre sur l'Eau conduit par le CEVA avec l'appui financier de l'AELB),
 - 2009 étant une année relativement récente pour laquelle sont disponibles des données de mesure en mer de sels nutritifs (3 stations bancarisées dans Quadrige²), de données de forçage (image satellitaires pour la turbidité, données météorologiques) et pour laquelle les débits avaient été analysés comme proche de l'hydraulicité moyenne sur la période mai-septembre. L'analyse de l'hydraulicité montre que l'année 2009 est en réalité pour la Loire et la Charente assez sensiblement inférieure à la normale (hydraulicité sur les mois de mai à septembre respectivement de 0.68 et 0.60) alors que cette année est bien, pour la Vilaine, proche de 1 (0.95). Les autres années récentes (2008 à 2011) sont elles aussi loin voire très loin des valeurs normales sur mai à septembre et n'auraient pas été meilleures à prendre en compte.
- L'année 2009 comme année de référence : c'est sur cette année que les scénarii de réduction des apports seront réalisés.

2.2.2. Objectifs liés à la description des apports et leurs évolutions :

Outre les objectifs liés à la modélisation écologique, la mission MB1 avait comme objectif la caractérisation des apports côtiers et leurs évolutions au cours des dernières années :

- identification de l'ensemble des sources d'enrichissement en nutriments du milieu marin local,
- une quantification des flux annuels de nutriments émis par chaque source identifiée, et si possible, une quantification des flux de printemps et d'été.
- une hiérarchisation des sources en fonction des flux de nutriments apportés.

Pour répondre à cette demande, la démarche retenue a été de rechercher les données suivantes :

- apports par tous les cours d'eau, réseaux pluviaux, stations d'épuration industrielles ou domestiques, dans la mesure de la disponibilité de données,
- sur les années 2000 à 2012 et pour la période annuelle.
- afin d'exprimer les résultats sur la période potentiellement « limitante » pour le développement des algues vertes, il a été demandé en outre d'exprimer les flux sur la période mai-septembre (cf. plus haut pour l'explication du choix de cette « saison »),



  <small>Liberté • Égalité • Fraternité</small> REPUBLIQUE FRANÇAISE PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	14/75

2.2.3. Démarche retenue pour répondre aux objectifs :

Afin de répondre aux objectifs de modélisation écologique et de description des apports aux sites d'échouages, plusieurs possibilités sont envisageables : évaluation des apports au littoral reposant sur des modélisations (soit par la recherche de relation concentration / débit ou par des modèles de conversion de pressions sur les bassins versants en flux aux exutoires), évaluation des flux d'après des données de mesure plus ou moins denses. Il a été décidé, conformément au CCTP de l'étude et pour approcher au plus près les apports réels, de s'appuyer pour cette étude sur des données de mesures de flux. Les étapes pour y parvenir ont été fixées comme suit :

- Identification des sources potentielles d'apports,
- Inventaire des stations de mesures des nutriments et de jaugeage des débits
- Choix d'une méthode de calcul des flux
- Calcul de flux et évaluation des incertitudes liées
- Validation par le comité de pilotage de l'étude



  REPUBLIQUE FRANÇAISE PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	15/75

3. Matériel et méthodes

3.1. Description des données brutes

3.1.1. Identification des exutoires

Sont retenus dans l'étude (cf. 2.2.1) :

- Tous les cours d'eau référencés dans la base Carthage ayant un exutoire en milieu marin ou en estuaire. A l'échelle de la zone d'étude, cela représente 225 exutoires de type cours d'eau sur le littoral élargi étudié (de Quiberon à Angoulins, sud de La Rochelle). A noter qu'en dehors de cette mission MB1, le CEVA a ajouté la constitution des séries de flux sur la Charente et la Gironde.
- Tous les émissaires de stations d'épuration industrielles ou domestiques dont le point de rejets se situent à l'aval d'un point de mesure de qualité de l'eau référence (utilisé pour caractériser les apports par le cours d'eau) et dans une bande littorale d'une largeur fixée à 5 km, sont intégrés au calcul de flux aux exutoires. Cette distance de 5 km au littoral a été définie en considérant que l'épuration d'apports directement dans cette bande serait probablement faible. Par ailleurs on peut estimer qu'au-delà de cette bande, les apports d'effluent sont potentiellement déjà pris en compte au travers des mesures de la qualité de l'eau des cours d'eau. Pour chaque station d'épuration, cela amène à identifier l'exutoire en milieu marin recevant l'effluent à partir de la base de données Carthage. La liste des stations concernées a été fournie par l'AELB (BD ERU) et les DREAL (stations industrielles). La position des émissaires (coordonnées géographiques) a été recherchée sur le site <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/>. Sur l'ensemble de la zone d'étude 97 STEP ont été considérées sur la zone de Quiberon à Ré dont 34 rejettent directement en mer au travers de 32 exutoires (sans passer par un exutoire de type cours d'eau ci-dessus décrit). Pour les stations rejetant dans le sous-sol (Saint-Jean de Monts et Notre Dame de Monts), sur l'avis du comité de pilotage, le point du trait de côte le plus proche de la station a été considéré comme exutoire.

Sur la zone d'étude **257 exutoires ont été identifiés : 225 correspondant à des cours d'eau Carthage et 32 à des exutoires de stations d'épuration** (rejet direct). Une représentation graphique de ces exutoire est présentée Figure 2.



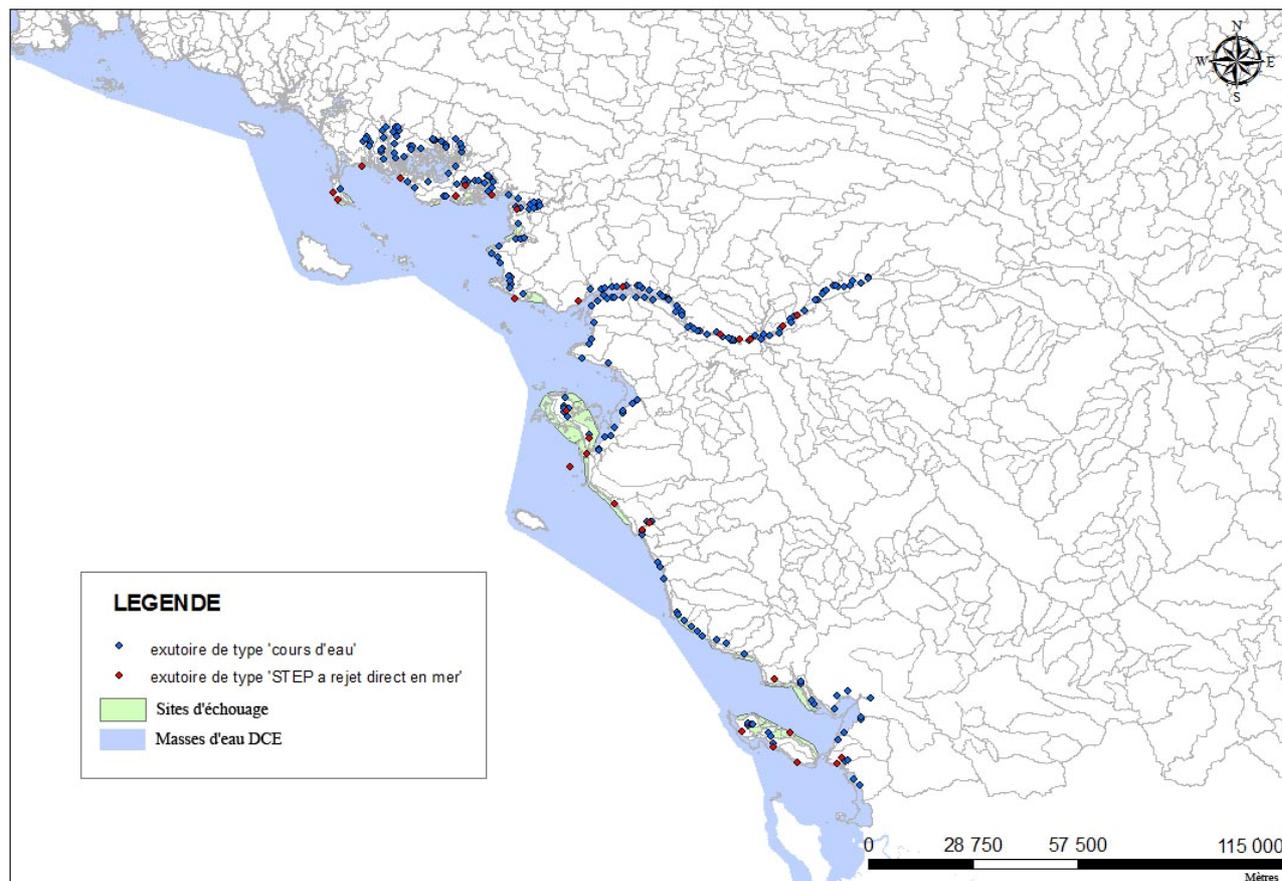


Figure 2 : Carte des exutoires de cours d'eau et de STEP

3.1.2. Données de débit

3.1.2.1. Données de débit de la banque Hydro :

La première phase a consisté à rechercher dans la banque hydro, toutes les stations de débits les plus avales des cours d'eau de la zone d'étude. La Figure 3 récapitule la position des stations de jaugeage sélectionnées.



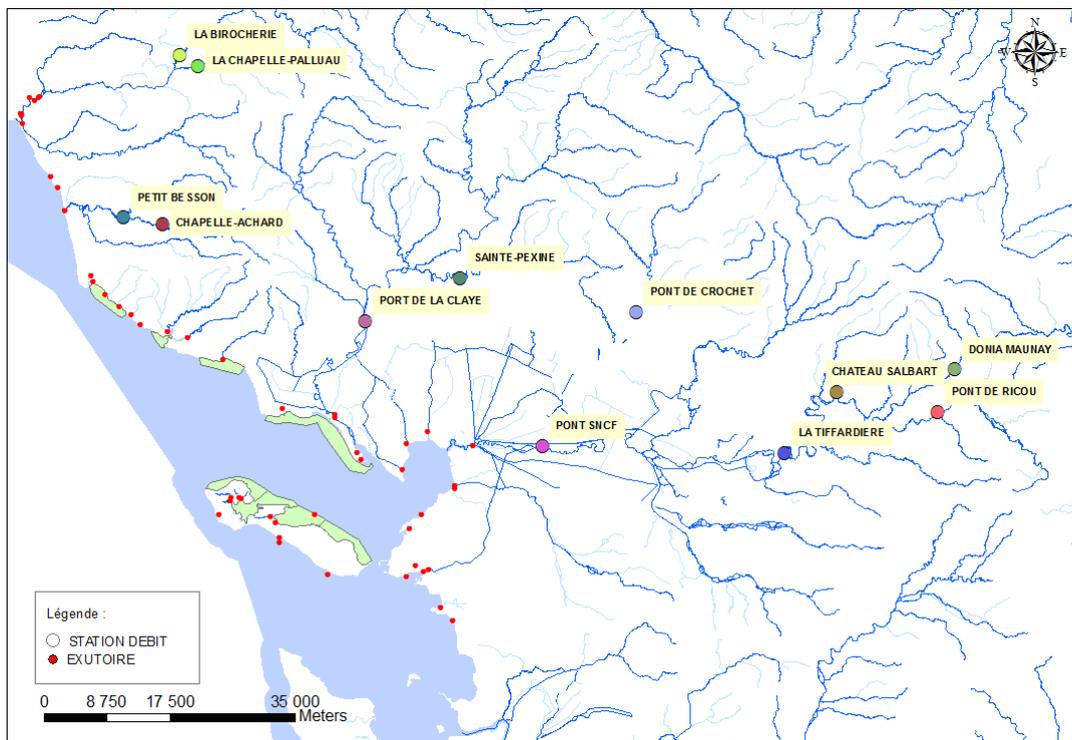
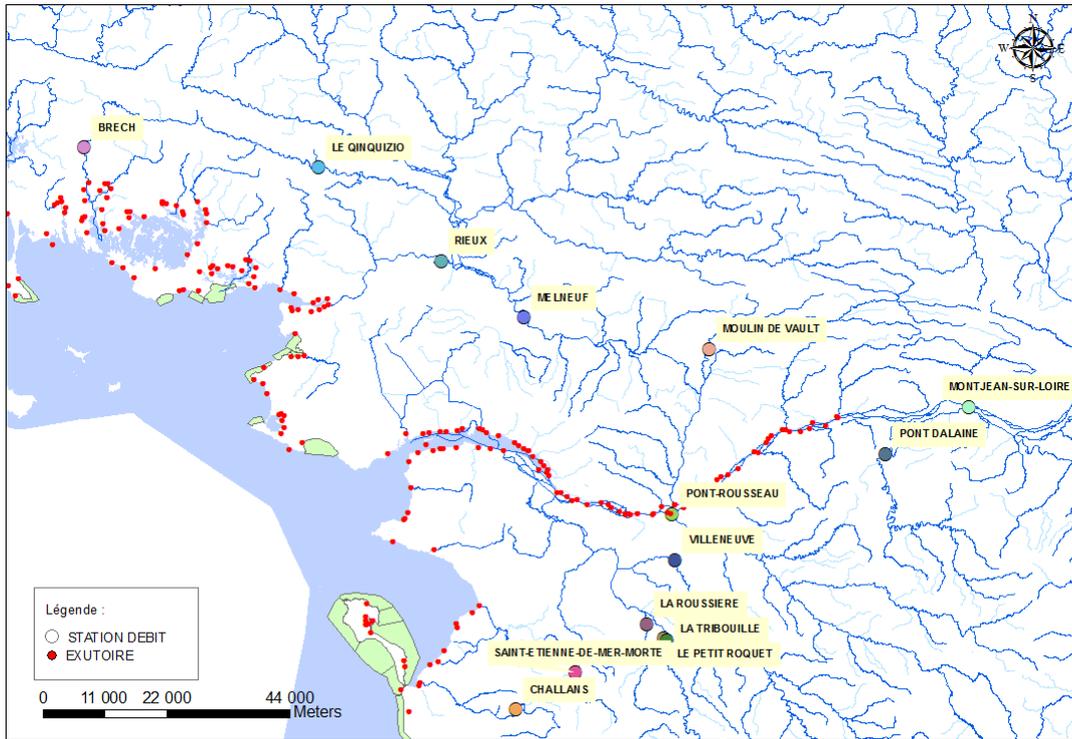


Figure 3 : Cartes de l'ensemble des stations limnométriques de la banque hydro qui ont été extraites pour l'étude.

A partir des stations potentiellement intéressantes du secteur d'étude représentées en Figure 3, ont ensuite été sélectionnées avec l'appui de la DREAL-PL les stations de référence les plus pertinentes d'après leurs caractéristiques. Le premier critère retenu est la proximité géographique à la côte. Ensuite sur les conseils de la DREAL-PL certaines stations ont été écartées parce que peu



représentatives des débits locaux ou devant être abandonnées prochainement (par exemple utilisation de la station de Chapelle Achard (N2024010), à la place de « petit Besson » (N2013010) qui sera prochainement fermée).

Finalement, les stations de débits suivantes (Tableau 3) ont été retenues (quand la banque hydro ne propose pas de « nom station », c'est le nom de la commune qui est retenu, par exemple « Brech ») :

Tableau 3 : Liste des stations débit utilisées (code et « nom station »)

STATION	CODE
RIEUX	J9300610
BRECH	J6213010
CHALLANS	N0204210
CHAPELLE ACHARD	N2024010
LA BIROCHERE	N1014010
LA CHAPELLE-PALLUAU	N1001510
LE QINQUIZIO	J8813010
PONT-SNCF (recalculé)	N6110610
MONTJEAN	M5300010
MOULIN DE VAULT	M6333020
PETIT BESSON	N2013010
PONT-ROUSSEAU	M7502410
SAINTE-PEXINE	N3222010
SAINT-ETIENNE-DE-MER-MORTE	N0113030
VILLENEUVE	M8205020
MELNEUF	J9202510
PONT DALAINE	M6013010
PETIT ROQUET	M8112630
PORT DE LA CLAYE	N3511610
LA TRIBOUILLE	M8124010
PONT DE CROCHET	N7121810
LA ROUSSIERE	M8144010

Le cas de la station « Pont Sncf », sur la commune de Marans, pour la Sèvre niortaise est particulier. En cours d'étude, il est apparu que les données sont absentes de la banque hydro à partir de novembre 2009. Les données ont alors dû être recalculées au droit de la station à partir de stations amont. Les stations amont de la Tiffardière (N4300623) et celle d'Echiré (N4110620) ne peuvent être utilisées pour les mêmes raisons (absence de données sur les périodes printemps été de 2011 et 2012). Le débit au droit de la station « pont SNCF » a alors été calculé, après prise de conseils auprès de la DDTM 17 (M. Pascal Villenave), à partir des débits de la station d'« Azay-le-Brulé » (N4010610), en tenant compte du rapport des surfaces des bassins versants et des lames drainantes (LD), auquel vient s'ajouter le débit total du Chambon à « Saivres » (N4104010). Soit : Débit (« Marans ») = rapport_BV ((« Marans » - « Saivres »)/ »Azay-le-Brulé ») * rapport_LD (« Marans »/ « Azay-le-Brulé ») * débit (« Azay-le-Brulé ») + débit (« Chambon »).

A noter qu'en aval de la station « pont SNCF » de Marans, vient ensuite s'ajouter le débit de la Vendée mesuré à la station de « Pont de Crochet » (N7121810).



3.1.2.2. Données locales de débit:

✓ Contacts

HOCER a pris contact avec toutes les collectivités locales avoisinant les secteurs d'échouages d'algues vertes répertoriés au cahier des charges.

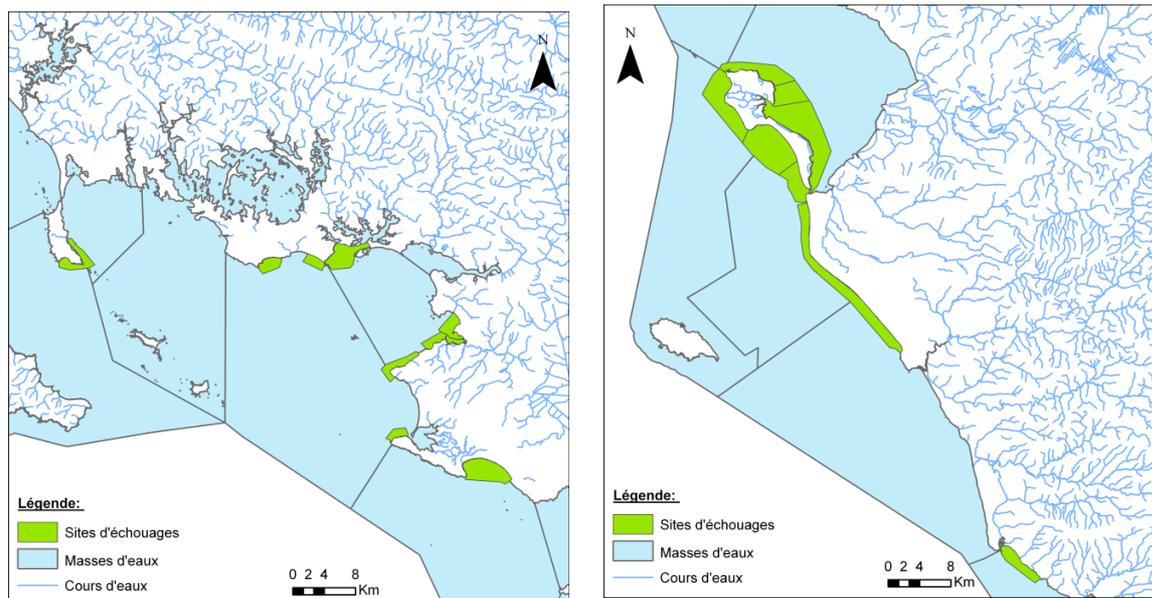


Figure 4 : Cartes des zones d'échouage

Toutes les municipalités ont été contactées ainsi que les communautés de communes. En complément plusieurs syndicats d'aménagement ont été contactés concernant principalement la gestion des marais rétro-littoraux, ainsi que l'association du bassin versant de la Baie de Bourgneuf, en charge du SAGE de la baie.

Aucune des mairies sollicitées n'a déclaré avoir d'informations particulières, malgré des démarches plus approfondies proposées par ces structures pour vérifier qu'il n'existait pas d'informations plus anciennes dont elles n'auraient pas connaissance. Le tableau récapitulatif l'ensemble des contacts pris est fourni en annexe 1.

✓ Retours (données de débit)

Le Syndicat mixte des Marais St Jean de Monts-Beauvoir a installé en début 2012, des mesures de débit automatiques sur deux exutoires du marais de Salerne. Toutefois ces appareils ont eu assez rapidement des problèmes de fonctionnement et les données délivrées sont très partielles.



  <small>LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ</small> <small>REPUBLIQUE FRANÇAISE</small> <small>PRÉFET</small> <small>DE LA RÉGION</small> <small>PAYS DE LA LOIRE</small>	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	20/75

Seul un des débitmètres a fonctionné sur une période d'un an, mais les débits étant régulés sur deux écluses et le second débitmètre n'ayant jamais fonctionné, il n'était pas possible de connaître avec le seul débitmètre en fonctionnement le débit du marais. Ces données n'ont donc pas pu être utilisées.

Ce syndicat a aussi fourni le règlement d'eau régissant l'ouverture des portes de l'exutoire principal. De manière générale, pendant la période de basses eaux, les portes ne sont ouvertes que de manière peu fréquente. L'ouverture est principalement gouvernée par la surveillance des hauteurs d'eau sur des échelles limnométriques, mais dont les données ne sont pas disponibles.

La Figure 7 reporte la localisation des données locales disponibles et en indique le type (aucune donnée de débit n'a finalement pu être exploitée).

3.1.3. Données de qualité de l'eau des cours d'eau

La première étape a été l'identification des organismes susceptibles de fournir des données de concentration des apports continentaux en matières nutritives dissoutes (principalement azotés et phosphorés) sur l'ensemble du domaine de l'étude (Quiberon à l'île de Ré). Deux cas distincts sur l'ensemble du linéaire :

- pour l'ensemble du domaine d'étude : les données disponibles dans les réseaux nationaux ou régionaux sont extraites, puis les stations les plus pertinentes pour l'évaluation des flux de nutriments à la côte sont sélectionnées ;
- pour les zones sensibles, définies par une bande de 2,5 km de chaque côté des zones d'échouage d'algues vertes identifiées par le cahier des charges, sont recherchées, auprès des structures locales (cf. point ci-dessus, le détail des structures contactées et annexe 1b), les données additionnelles qui seraient disponibles pour estimer plus précisément les concentrations en nutriments.

3.1.3.1. Données de qualité de l'eau des réseaux de surveillance :

Au niveau national, régional et départemental les réseaux comportant des données de nutriments sur les eaux brutes de surfaces exploitables sont : les données centralisées dans OSUR, les données DDTM, les données ARS.

✓ OSUR

Le site OSUR regroupe l'ensemble des données sur la qualité des eaux, acquises avec un soutien financier de l'agence de l'eau Loire-Bretagne. Les données sont sélectionnables sur le site OSUR : <http://osur.eau-loire-bretagne.fr/expertosur/index.jsp> et téléchargeables sous forme textuelle.

L'extraction a été réalisée par une requête sur cinq départements (56, 44, 49, 85, 17), sur l'ensemble des réseaux de mesure, pour les données concernant le compartiment « Eau » et disponibles entre 2000 et 2012. L'extraction a été limitée aux paramètres suivants :

- les nutriments (nitrates, nitrites, phosphates, silicates, ammonium)
- l'azote et le phosphore total,
- les MES et la turbidité,
- la conductivité et la température,
- le débit journalier et sa tendance lors de la mesure.

Le résultat de la requête est un fichier contenant :



  <small>Liberté • Égalité • Fraternité</small> <small>REPUBLIQUE FRANÇAISE</small> <small>PRÉFET</small> <small>DE LA RÉGION</small> <small>PAYS DE LA LOIRE</small>	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	21/75

- 25000 mesures pour chaque nutriment,
- 1601 sites de mesures (ayant un code station différent) provenant de 19 réseaux de mesures.

A partir de cet ensemble de données, a été mise en place une procédure de présélection visant à identifier pour chaque rivière la station qui doit servir de référence pour la mesure de qualité des eaux. Deux critères viennent en compétition, d'une part le nombre de données d'observation par station, d'autre part la distance à l'embouchure. Des données fréquentes permettent d'approcher mieux, au point de mesure, la concentration journalière ; des données proches de l'exutoire permettent de mieux percevoir l'apport à la mer de l'ensemble du bassin versant. L'établissement d'une sélection automatique n'est pas apparu possible, aussi les différentes stations ont-elles été reportées sur carte avec une indication graphique permettant de visualiser le type de paramètres disponibles et leur nombre. A partir de ces cartes les stations à retenir ont été sélectionnées manuellement.

La Figure 5 représente l'ensemble des stations appartenant aux réseaux OSUR utilisées lors de la présélection des données.



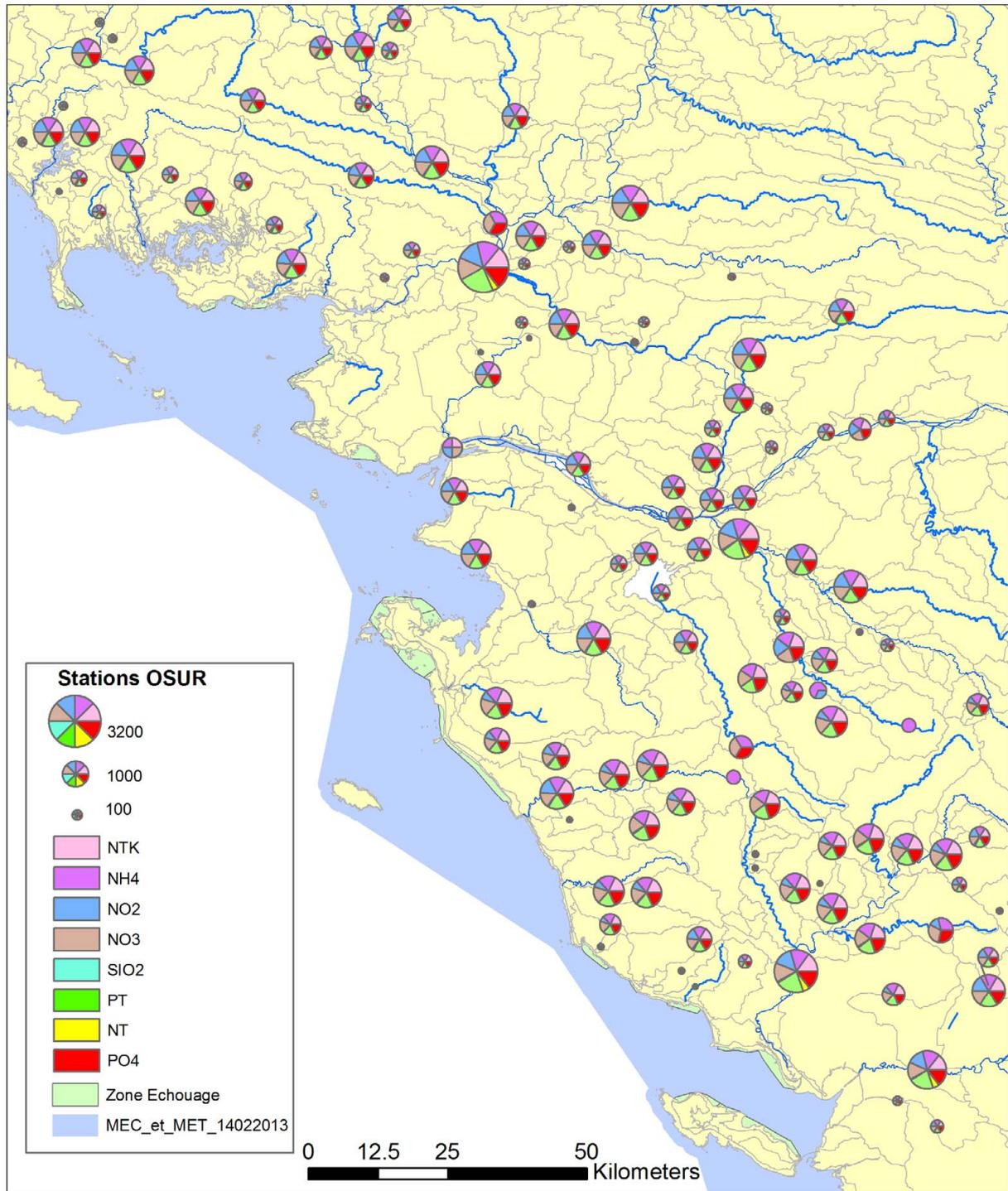


Figure 5 : Nombre de données présentes pour chacune des stations OSUR. Pour rappel, la légende correspond aux éléments nutritifs suivants : NTK : Azote kjeldahl ; NH4 : ammonium ; NO2 : nitrites ; NO3 : nitrates ; SIO2 : silicates ; PT : phosphore total ; NT : azote total ; PO4 : orthophosphates

✓ Données des DDTM

Les données du réseau DDTM concernent différents estuaires de la zone d'étude et ont été fournies par la DREAL-PL qui les a recueillies auprès de chaque DDTM.



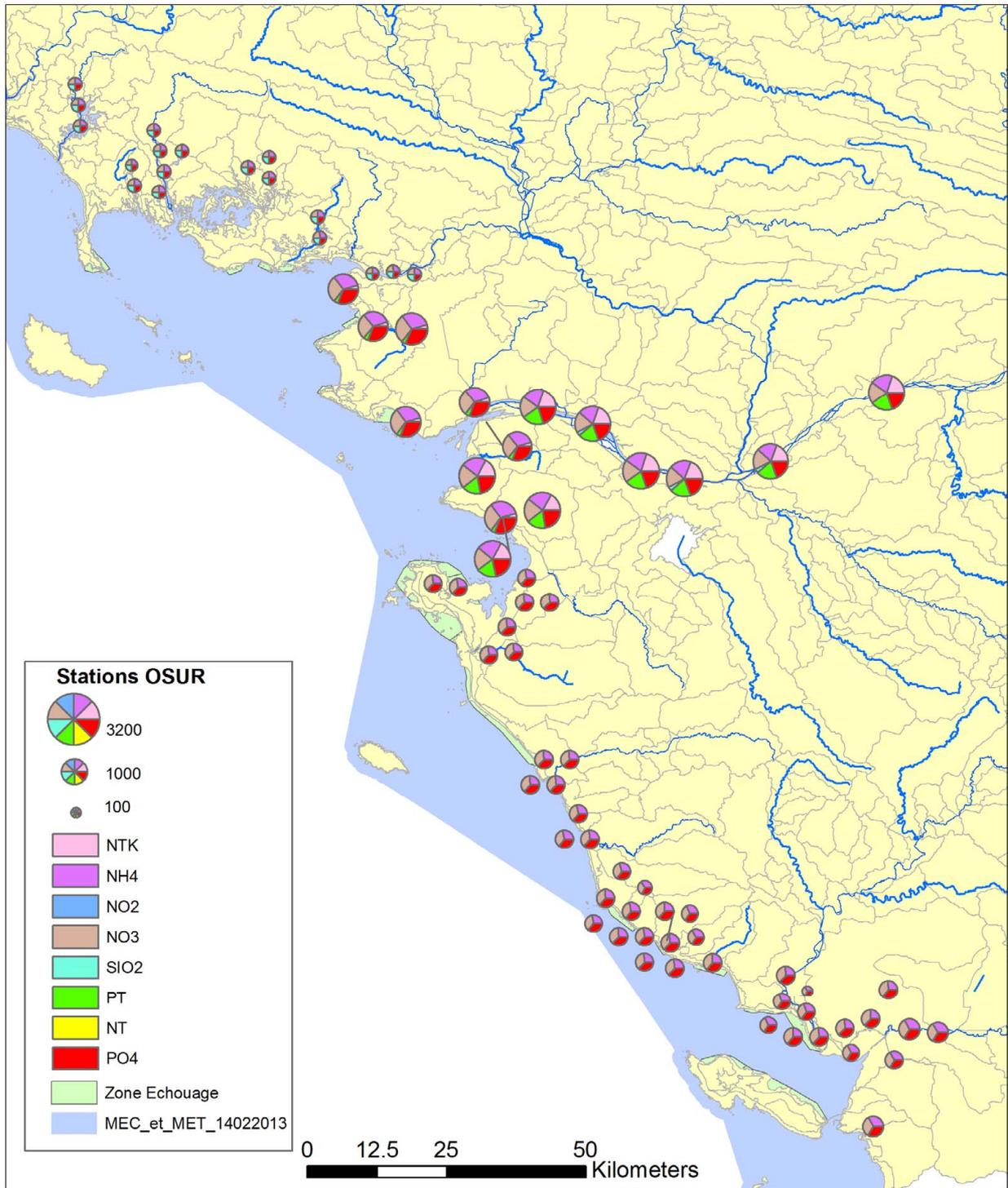


Figure 6 : Nombre de données des stations DDTM. Pour rappel, la légende correspond aux éléments nutritifs suivants : NTK : Azote kjeldahl ; NH4 : ammonium ; NO2 : nitrites ; NO3 : nitrates ; SIO2 : silicates ; PT : phosphore total ; NT : azote total ; PO4 : orthophosphates

Certains points dans ce réseau situés en mer peuvent être utiles pour la connaissance des teneurs du milieu marin (utiles pour la validation de la dispersion par modélisation, pour la connaissance des concentrations en mer indicatrices du niveau de l'eutrophisation, ...). Pour l'estimation des apports de nutriments au milieu côtier, seules les stations situées à l'amont des



estuaires sont exploitables (avant dilution/dispersion). Toutefois même les points de mesure les plus amonts sont la plupart du temps situés dans des zones qui peuvent, lors des périodes d'étiage, être atteintes par des eaux saumâtres. Les teneurs en sel indiquent une intrusion d'eau marine qui provoque une dilution de certaines substances (nitrates notamment) mais qui peut aussi engendrer un relargage d'autres substances (phosphates). De ce fait, les stations concernées par ces entrées d'eau marines ont été écartées. Aussi, pour l'évaluation des flux terrigènes, une limite haute à la présence de sel a été fixée à 2 PSU. Les stations ayant des mesures au-delà de ce seuil ont été écartées (stations inexploitable du fait de périodes trop longues sans données, notamment en période d'étiage). Cependant, dans certains cas, notamment quand aucune autre station ne se trouve à proximité de la station dont certaines valeurs dépassent 2 PSU, il a été choisi de supprimer les valeurs au dessus de 2 PSU sans pour autant retirer la station.

Une fois cette présélection effectuée, 76 stations étaient conservées pour la période 2000-2012, avec en moyenne 2,2 mesures par an.

Tableau 4 récapitule les fréquences de mesures observées sur ce réseau.

Tableau 4 : Fréquences de mesures pour chaque paramètre par le réseau DDTM

Paramètres	Nb mesures/an		
	Max	Moyenne	Médiane
PO4	5,83	2,31	1,27
MES	5,83	2,13	1,02
NO3	5,78	2,27	1,25
NH4	5,40	1,89	1,06
SiO3	5,17	0,74	0,00
Pt	1,64	0,06	0,00

Le nombre de données contenues dans la base OSUR est globalement plus important (notamment en raison du nombre de paramètres mesurés), mais il est aussi plus variable (certaines stations disposant de peu de données). **Au sud de Noirmoutier, les données du réseau DDTM ne concernent que les trois paramètres : ammonium, nitrate, phosphate.**

✓ Données des ARS

Les Agences Régionales de Santé gèrent les contrôles de qualité des eaux dans les usines de production d'eau potable. A ce titre pour les usines utilisant une ressource superficielle, des contrôles réguliers (base mensuelle) de la qualité des eaux brutes servant à la production de l'eau potable sont effectués et pourraient s'avérer utiles pour l'étude. Ces données, non centralisées, ont été recherchées par contact des ARS des différents départements pour connaître la liste des stations suivies :

- Loire Atlantique : trois sites sont concernés,
 - pour l'usine de Nantes (Mauves, La Roche Maurice et Ancenis),
 - un site à Guérande (Etang de Sandun),
 - un site à Saint-Michel-Chef-Chef (étang des Gâtineaux).
- Vendée : deux usines sont concernées (Marrans et la retenue de La Jaunay)
- Charente Maritime : pas d'usine sur les eaux superficielles au nord du département (données sur la Charente, hors zone d'étude).
- Morbihan : l'ARS n'a pas été contactée conformément à la restriction d'enquête sur les départements bretons, par contre l'EPTB Vilaine a fourni les données ARS



  REPUBLIQUE FRANÇAISE PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE	Rapport MB1		Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
			Date	11/06/14
			Page	25/75

incluses dans le suivi qualité effectué plusieurs fois par semaine par l'usine de Férel située 2 km en amont du barrage d'Arzal (exploitation dans le rapport MB4).

Après analyse, il s'avère qu'aucune de ces données ne permet d'enrichir les données disponibles par ailleurs (données sur les mêmes cours d'eau ou positionnées sur des retenues, ne pouvant être utilisées pour évaluer les apports des cours d'eau). Ces données n'entrent donc pas dans les séries de référence.

3.1.3.2. Données locales de qualité des cours d'eau

✓ Contacts

Des contacts ont été pris avec toutes les collectivités locales avoisinant les secteurs d'échouages d'algues vertes répertoriés au cahier des charges (cf. partie 3.1.2. données locales).

✓ Retours

Les organismes suivants ont déclaré avoir des informations disponibles en compléments de celles recueillies par des organismes publics décrits ci-dessus.

ADB/BB

L'Association Du Bassin Versant de la Baie de Bourgneuf a centralisé et bancarisé les données de qualité des eaux concernant la baie de Bourgneuf. Ces données ont été acquises par ses propres moyens et par d'autres organismes. Une partie de ces données est aussi fournie à l'agence de l'eau pour être bancarisée dans OSUR. Finalement les données collectées n'ont pas permis de compléter le jeu de données OSUR, en fait déjà renseigné.

Cap-Atlantique

Cap-Atlantique dispose de deux réseaux de mesures, exploités depuis plus de 15 ans qui concernent la baie de Pen Bé et le marais de Guérande :

- la plage de Pen Bé, secteur conchylicole, alimenté par la rivière côtière du Mes, qui se compose de trois chenaux principaux. Trois points sont suivis sur chaque chenal depuis 1996 à fréquence bimensuelle. Paramètres mesurés : T (température), Conductivité, pH, MES (matières en suspension), NO₃ (nitrates), NH₄ (ammonium), PO₄ (orthophosphates).
- le marais de Guérande, qui débouche par plusieurs canaux dans le traict du Croisic. Six points de mesures sont suivis depuis 15 ans sur les mêmes paramètres à la même fréquence.

La majorité des stations du réseau sont situées à l'entrée d'étiers où les salinités restent élevées. De ce fait, pour les mêmes raisons que présentées ci-dessus, un tri a été effectué et seule une station locale (PAMA3) a été conservée comme station de référence.

Le Croisic

La mairie du Croisic pensait disposer d'une étude sur les rejets de temps de pluie en relation avec une ancienne étude sur la qualité des eaux conchylicoles, mais aucune donnée n'a pu être transmise pour l'étude.

Syndicat mixte des Marais St Jean de Monts- Beauvoir

Le syndicat ne dispose pas actuellement de données sur la qualité des eaux dans le marais ou ses exutoires. Toutefois une étude devait être réalisée au cours de l'été 2013 sur un des affluents du



marais fortement soumis à des pressions agricoles (serres). Ces informations n'ont pu être exploitées pour l'étude (pas à disposition au moment de l'étude et année 2013 hors période d'étude).

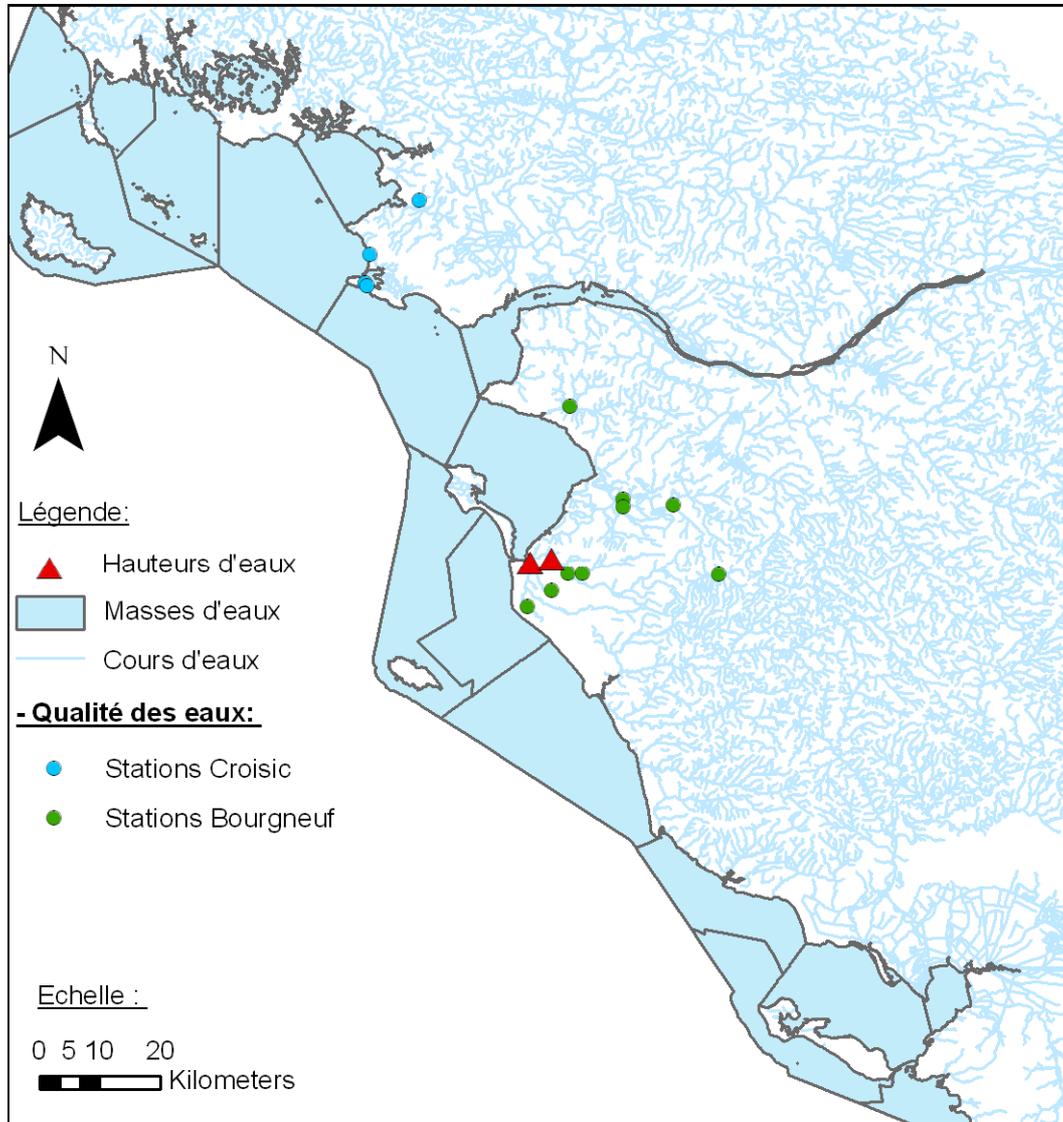


Figure 7 : Données complémentaires recueillies auprès d'organismes locaux.

3.1.3.3. Stations retenues comme stations de référence

La première étape a été d'écarter les stations concernées par des niveaux de salinité trop élevés ou par des données trop peu fréquentes. Cependant, afin de ne pas trop écarter de stations, une sélection manuelle a dû être opérée pour conserver certaines stations malgré des fréquences relativement faibles de prélèvement, en particulier quand aucune station n'était disponible à proximité. A l'opposé, parmi les stations conservées lors de la première présélection, certains cours d'eau disposaient de plusieurs stations. Le choix de la station de référence à conserver peut se faire selon deux méthodes :

- sélection de la station de mesures la plus en aval sur le cours d'eau,



- sélection d'une station de mesures disposant d'un plus grand nombre d'informations et située sur l'aval du cours d'eau, sans être la station la plus en aval.

A l'échelle globale, **la deuxième méthode a été retenue, en concertation avec le comité de pilotage de l'étude**, afin de privilégier un nombre plus important d'informations permettant de mieux estimer la qualité de l'eau que sur des séries plus basse fréquence (effets de pics de concentration).

Remarques sur le choix des stations de références :

En pratique, beaucoup de stations littorales provenant du réseau DDTM ou de réseau local ont été écartées en raison de salinités trop importantes (>2psu) ou de fréquence de données trop faible. Le nombre de stations retenues de ces réseaux (21) est finalement assez faible par rapport au nombre disponible au départ. Dans certains cas des stations disposant de données très basse fréquence (cas des stations IS 35 « La Rochelle » et IS 26 « Le Curé » qui ont entre 1 et 5 données par an) ont été privilégiées, après avoir vérifié que les variations entre dates de mesures y étaient faibles, car les stations disposant de données plus fréquentes étaient trop éloignées et vraisemblablement dans des contextes de bassins versants différents (occupation du territoire).

La superposition des données OSUR, DDTM et locales, a permis de sélectionner les stations de références à conserver pour l'estimation des apports des cours d'eau au littoral. Finalement, 46 stations ont été conservées et utilisées comme stations de référence. Le nombre de cours d'eau disposant de mesures exploitables de la qualité en substances dissoutes est donc relativement faible au regard du nombre total d'exutoires de cours d'eau : 46 sur 225.

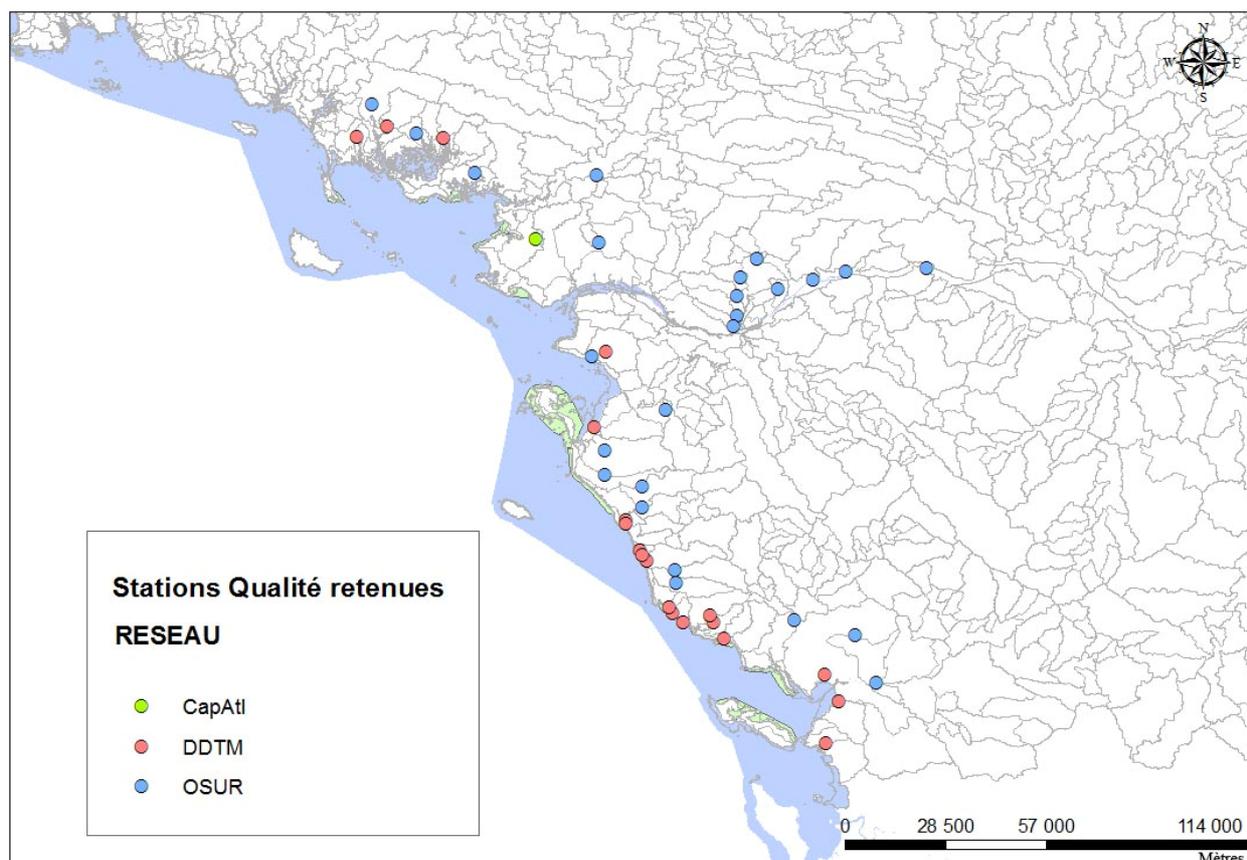


Figure 8 : Stations de mesure de la qualité de l'eau retenues pour l'évaluation des concentrations aux exutoires.



  République Française PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE	<h2>Rapport MB1</h2>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	28/75

3.1.4. Données d'apport par les stations d'épuration

Les données concernant les stations d'épuration ont été recueillies auprès de l'AELB. Les DREAL ont complété les données fournies par l'AELB pour ce qui est de certaines STEP industrielles. Pour l'analyse des apports locaux, les données fournies ont été :

- pour toutes les stations d'épurations, des données de flux annuels (calculs réalisés par l'AELB, en flux annuel) pour les années 2006 à 2011. L'année 2012, au moment de la collecte des données et encore en septembre 2013 n'étant pas disponible n'a pu être intégrée. Les années antérieures à 2006 n'ont pas fait l'objet de calculs de flux annuel exploitables.
- pour les stations domestiques de plus de 2000 équivalents habitants (EH), les données d'autocontrôle qui comportent des mesures de débits journaliers rejetés dans le milieu, et les données en concentration (NTK NH₄, NO₃ et PT) dont la fréquence dépend de la taille des installations (obligations réglementaires). Ces données d'autocontrôle ont pu être récupérées pour les années 2009 à 2011, l'année 2012, au moment de la collecte des données (et encore en septembre 2013) n'étant pas encore disponible.
- les résultats d'une étude effectuée par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne sur l'importance des apports de temps de pluie (ii). Les rejets considérés concernent les stations d'épuration des collectivités et les réseaux. Les pressions par temps de pluie proviennent (1) des déversements des réseaux unitaires (déversoirs d'orage) et les réseaux séparatifs eaux usées (trop-pleins de postes de relèvement par exemple) (2) des réseaux séparatifs eaux pluviales (les pollutions dues au ruissellement sur les surfaces imperméabilisées s'ajoutent alors aux rejets de temps sec). Ce travail est disponible sous forme de fichiers donnant pour chaque station du territoire de l'Agence des informations sur le débit de pointe de la STEP par temps de pluie et les rejets des réseaux (rejets direct d'eaux usées et rejet dus aux ruissellements sur surfaces imperméabilisées). Cette étude a été réalisée par une simulation à partir de données des STEP sur 2010, sur la base de pluies supérieures à 14 mm/24 h. Les flux des STEP, y compris pour les jours de pluies, sont estimés dans le calcul du flux annuel et journalier. L'étude devait donc être exploitée pour évaluer les flux des réseaux d'assainissement et transfert sur surfaces imperméabilisées. L'AELB, consultée à ce sujet confirme qu'il n'est pas possible de fournir, à partir de cette étude, un flux annuel correspondant à ces apports des réseaux par temps de pluie. Il n'est notamment pas possible de transposer sur d'autres années les résultats simulés sur 2010 et il faudrait au minimum disposer de données de pluviosité pour évaluer les épisodes pour d'autres années correspondant à l'hypothèse 14 mm/24 h. Une telle étude de la pluviosité pour évaluer cette part que pourrait représenter le pluvial n'était pas prévu dans le cadre de la présente étude. Ces épisodes sont donc, pour les flux des STEP, considérés comme inclus dans les estimations de flux annuels fournies par l'AELB et pour la part des flux de réseaux par temps de pluies, considérés comme négligeables.

SATESE 85, 44, 17

Ces trois SATESE ont été contactés. Le SATESE 85 dispose des données d'autocontrôle annuel sur l'ensemble de la période 2009-2011, pour toutes les stations de Vendée. Ces données sont incluses dans celles fournies par l'AELB et n'ont donc pas été spécifiquement utilisées.

Pour le SATESE 44, l'information reçue est plus partielle et se résume à un fichier de flux moyens annuels qui n'apporte pas de plus-value par rapport aux données de l'AELB. Il en est de même pour la Charente Maritime où l'information n'est semble-t-il pas centralisée. Aucune demande n'a été formulée pour le 56 (« restriction » d'enquête liée à l'absence d'information des structure par la préfecture de Bretagne)



  République Française PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE	<h1>Rapport MB1</h1>		Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
			Date	11/06/14
			Page	29/75

Déversements directs des réseaux d'assainissement par temps de pluie : *Comme décrit ci-avant, en ce qui concerne les flux de pollution rejetés directement au milieu par temps de pluie...il existe peu de données directement exploitables. Dans ces conditions, ces flux n'ont pas pu être pris en compte dans le cadre de la présente étude, bien que la limitation des déversements directs des réseaux d'assainissement par temps de pluie constitue un enjeu pour les prochaines années, compte tenu de la jurisprudence européenne (arrêt de la cour du 18 octobre 2012, Commission européenne contre Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord).*

3.1.5. Validation des données brutes

Les données des réseaux OSUR sont validées avant leur intégration dans la base et n'ont donc pas fait l'objet de validations complémentaires. Il en est de même des données de débit archivées dans la banque hydro. Les données DDTM ont fait l'objet d'une validation par la DREAL PL (test de cohérence). Seules les données « locales » ont fait l'objet de validation par Hocer par vérification de la cohérence des valeurs contenues au cours du temps et par rapport aux stations voisines. Comme présenté plus haut, toutes les données ont cependant fait l'objet de tri notamment de la salinité, ce qui a conduit à soustraire des séries de référence, un grand nombre des données recueillies. Toutes les données ont été vérifiées pour valider les unités dans lesquelles étaient exprimées les valeurs.

Les données de flux annuels calculées par l'AELB sont également considérées comme validées par l'organisme avant leur fourniture et n'ont de ce fait pas fait l'objet de validation complémentaire.

3.2. Description du matériel utilisé

Pour la conduite de cette partie de l'étude, les matériels et logiciels utilisés sont de type :

- ordinateur de bureau, processeur corei5,
- logiciels de SIG ArcGIS version 9.3, langage de programmation python 2.7, Excel, Access

3.3. Description des méthodes de calcul de flux

3.3.1. Principes

Les calculs de flux d'éléments dissous et particuliers dans les eaux de surface sont délicats car, s'il existe depuis très longtemps des chroniques de débits en continu (fréquence journalière) sur de nombreux fleuves et rivières, la mesure des concentrations en substances dissoutes ou particulières est, sauf exception, discrète (instantanée) avec des fréquences d'échantillonnage souvent très basses. Cela, entraîne une imprécision sur le calcul de flux de matières.

De nombreux auteurs ont élaboré diverses méthodes pour estimer les flux à partir de chroniques de débits et de concentrations à faible fréquence d'échantillonnage. En France, plusieurs auteurs (Birgand et al. (iii), Meybeck et Moatar (iv)) ont étudié ces méthodes d'estimation des flux annuels en détail. Dans la même lignée, en 2011, Raymond (v) évalue les biais et précisions de ces méthodes sur un nombre important de rivières et en ressort quelques méthodes préférentielles pour l'estimation des flux dissous, principalement les méthodes dite par pondération de flux (DWC) et



  PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	30/75

par interpolation linéaire (IRC). Cet auteur introduit de nouvelles paramétrisations permettant de mieux prendre en compte les aspects événementiels du transport, en caractérisant la variabilité hydrologique de la rivière (part que représente les crues) et selon le comportement des substances en périodes de crue (diluées ou concentrées).

Dans le cas de cette étude, l'objectif est d'estimer les flux des différents nutriments sur la façade Atlantique entre Quiberon et l'île de Ré, en s'attachant à évaluer l'importance des flux locaux qui peuvent jouer un rôle important en fonction des conditions hydrodynamiques dans le développement des ulves. Par ailleurs, l'alimentation du modèle écologique nécessite **la fourniture de flux, non pas annuels ou saisonnier, mais à pas de temps journalier**. Le problème qui apparaît est le manque d'informations pour beaucoup des exutoires au milieu marin. Afin de répondre à l'objectif de prendre en compte les apports locaux, il convient donc de mettre en place une méthode permettant une estimation de tous ces petits apports, sur la base des données existantes principalement disponibles sur des rivières côtières de débits plus importants.

Le cahier des charges de l'étude recommande une méthode d'évaluation décrite par un document du Conseil Scientifique de l'Environnement en Bretagne (CSEB) de 2007 (vi). Cette méthode est décrite dans un document intitulé CSEB – Fiches débits et Flux (Fiches E8). Ce document évalue plusieurs méthodes de calculs de flux de nutriments à l'exutoire d'un bassin versant, à partir des données de débits et concentrations dans la rivière non obligatoirement localisée à cet exutoire. Diverses méthodes sont évaluées et il en ressort que la méthodologie la plus simple et qui donne des résultats satisfaisants pour des calculs de flux à partir d'une série de données de débits journalier et d'une série de concentrations renseignées à des fréquences différentes est **l'interpolation linéaire des concentrations à la fréquence journalière**. Toutefois il est recommandé que l'écart temporel maximal entre deux mesures de concentration ne dépasse pas 100 jours. Par ailleurs la fiche CSEB (Fiche E9) propose aussi une méthode d'extrapolation des calculs lorsque le flux doit être calculé à un point autre que le point de mesure des débits.

3.3.2. Méthode retenue pour le calcul des flux journaliers des cours d'eau

Pour se conformer aux préconisations du CCTP et tenir compte au mieux des apports de tous les cours d'eau et de l'ensemble du bassin versant jusqu'à la mer, **les calculs de flux de nutriments journaliers ont été réalisés par la méthode d'interpolation linéaire des concentrations**. Le flux journalier est alors le **produit du débit journalier et de la concentration en nutriment** considéré pour ce même jour (base interpolation linéaire des séries à basses fréquences). **Les flux d'azote organique, des formes particulières et adsorbées de phosphore et de silicates**, dont les données sont rarement présentes dans les séries qualité de l'eau sont calculés **par d'autres méthodes** décrites en partie 3.3.3.

Deux corrections sont apportées aux débits mesurés en un point donné du cours d'eau qui souvent est relativement éloigné de l'exutoire :

- La première correction prend en compte le **rapport des surfaces respectives** des bassins versants à la station de jaugeage des débits et au point de calcul du flux à l'exutoire en mer.
- La deuxième correction prend en compte la **correction de lame drainante** (différences d'écoulements liées à des différences de pluviosité par unité de surface avec souvent un gradient marqué entre le littoral et l'arrière pays plus arrosé).

Contrairement aux études citées en 3.3.1, qui décrivent des méthodes d'estimation de flux à partir de mesures de débit et concentration sur le cours d'eau à évaluer, certains cours d'eau de la zone d'étude, les plus petits, se trouvent dépourvus de mesure de débit et de mesure de



  ÉLÉMENTS & ÉVALUÉS & ÉVALUÉS REPUBLIQUE FRANÇAISE PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	31/75

concentration en nutriments. Afin de ne pas exclure ces cours d'eau de l'étude, une méthode est proposée reposant sur :

- Pour les cours d'eau ne disposant pas de station de jaugeage : **une estimation du débit du cours d'eau par extrapolation** par rapport à des cours d'eau voisins supposés de fonctionnement hydrologique proche, et tenant compte des rapports de surfaces et des rapports de lame drainantes (LD).
- Pour les cours d'eau ne disposant pas de mesure de leur concentration en nutriments : **une extrapolation spatiale des concentrations** par rapport à des stations de référence voisines à déterminer (validation par la DREAL PL et le comité de pilotage de ces associations entre un exutoire donné et une station de référence).

Pour les exutoires déversant sur un site d'échouage, il était initialement envisagé de calculer le débit des cours d'eau à débits régulés par des vannes en se basant sur les règles de gestion des règlements d'eau. Toutefois aucune donnée exploitable (cf. données brutes) n'a pu être récupérée auprès des gestionnaires (données pour les étiers de la Salertaine trop partielles pour être prise en compte). De manière générale les informations recueillies indiquent que durant la période de **faibles hauteurs d'eau, les portes ne sont ouvertes que de manière peu fréquente**. L'ouverture des portes est principalement gouvernée par la surveillance des hauteurs d'eau sur des échelles limnimétriques. Il semble néanmoins que certains usages (passage des chalands notamment, impose malgré tout des ouvertures de certaines des écluses même en faible hauteur d'eau).

En l'absence de données exploitables, les calculs des débits ont donc dû être réalisés **en considérant qu'aucune régulation ne s'opposait au rejet en mer**. Cela tend à probablement surévaluer les débits de temps sec et de petites pluies. Cela permet, par contre, de prendre en compte les écoulements liés à des pluies importantes. Cette **hypothèse, probablement maximisante pour ces flux locaux issus de marais rétro littoraux pendant la période productive, a été choisie dans un premier temps** et pourrait être revue au cas où ces apports seraient déterminés par le modèle écologique comme significatifs pour les proliférations locales.

Ainsi, chaque cours d'eau dispose à son exutoire d'une estimation de son débit journalier et d'une estimation, à pas de temps plus ou moins resserré de sa concentration en différents solutés.

A partir de cette base, pour se conformer aux recommandations du cahier des charges en utilisant la méthode préconisée par le CSEB (IRC) les étapes suivantes ont été appliquées : **les données « instantanées » de concentration sont interpolées linéairement de sorte à disposer d'une donnée journalière de concentration**, puis cette donnée est multipliée par le débit journalier pour déterminer le flux journalier : **Flux j = concentration j * débit j**.

Sur l'exemple de la Figure 9, le flux en nutriments à l'exutoire est donné par :

$$\text{Flux}_{\text{SN_Ex1}} = (\text{Debit}_{\text{D1}} * (\text{Surf}_{\text{BV_Ex1}}/\text{Surf}_{\text{BV_D1}}) * (\text{LD}_{\text{BV_EX1}}/\text{LD}_{\text{BV_D1}}) * \text{Conc}_{\text{SN_QE1}} + \text{Flux}_{\text{SN_St2}}.$$

S'il n'existe pas de station de mesures de débits ou de qualité des eaux sur le bassin versant, le calcul se fera en utilisant les données de stations de référence proches pour les débits et la qualité des eaux (ici prise comme hypothèse : D1 comme station de référence de débit pour ce BV et QE1 comme station de référence pour la qualité de l'eau).

Sur l'exemple de la Figure 9, le flux en nutriments à l'exutoire 2 est donné par :

$$\text{Flux}_{\text{SN_Ex2}} = (\text{Debit}_{\text{D1}} * (\text{Surf}_{\text{BV_Ex2}}/\text{Surf}_{\text{BV_D1}}) * (\text{LD}_{\text{BV_EX2}}/\text{LD}_{\text{BV_D1}}) * \text{Conc}_{\text{SN_QE1}}$$



où :

- Flux_SN_Ex1 : Flux nutriment à l'exutoire 1
- Flux_SN_Ex2 : Flux nutriment à l'exutoire 2
- Flux_SN_St2 : Flux nutriment à la station 2
- Debit_D1 : Débit exutoire 1
- Surf_BV_Ex1 : Surface bassin versant exutoire 1
- Surf_BV_Ex2 : Surface bassin versant exutoire 2
- Surf_BV_D1 : Surface bassin versant à la station de jaugeage 1
- LD_BV_EX1 : Lime drainante moyenne sur le bassin versant de l'exutoire 1
- LD_BV_EX2 : Lime drainante moyenne sur le bassin versant de l'exutoire 2
- LD_BV_D1 : Lime drainante moyenne sur le bassin versant à la station de jaugeage D1
- Conc_SN_QE1 : Concentration en nutriment à la station de référence QE1.

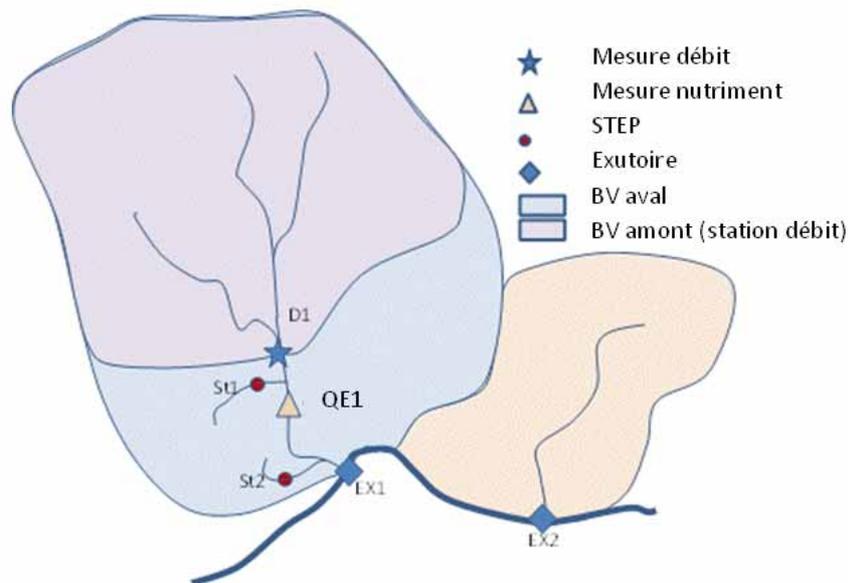


Figure 9 : Exemple des différents types d'informations disponibles sur un bassin versant à partir desquelles le calcul de flux à l'exutoire en mer doit être estimé

Pour chaque exutoire, il convient alors d'estimer la surface du bassin versant d'alimentation, la lame drainante moyenne du bassin versant et les stations de référence de débit et de qualité de l'eau à retenir. **Par ailleurs, les flux des STEP éventuellement présentes** dans la bande de 5 km et en aval du point de mesure de la qualité de l'eau sont évalués séparément pour être ajoutés aux flux de cours d'eau calculés.



3.3.2.1. Calcul des surfaces de bassin versant :

Les surfaces des bassins versants (BV) ont été tirées du travail réalisé par l'AELB (Bd Carthage). Pour les petits ruisseaux se jetant en mer l'unité minimale de BV disponible dans ce fichier englobe la plupart du temps plusieurs petits BV (Figure 10).

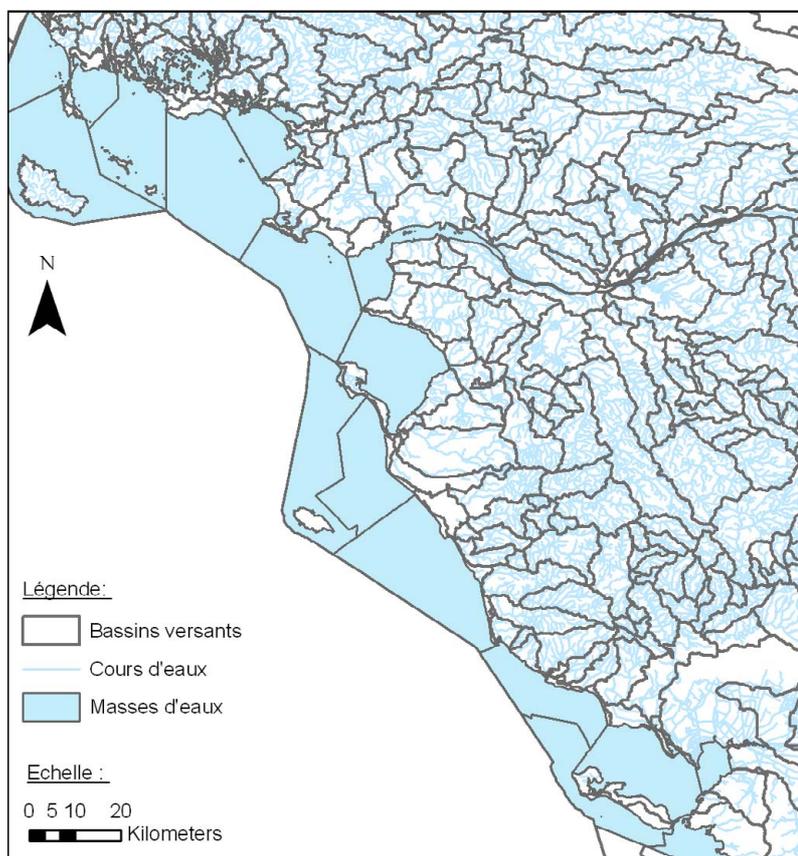


Figure 10 : Cartes des bassins versants, les bassins versants côtiers peuvent contenir plusieurs petits cours d'eau Carthage ayant leur exutoire en mer

Dans le cas où les BV côtiers contiennent plusieurs exutoires Carthage, le calcul de surface du BV de chaque exutoire a été réalisé en multipliant la surface du BV global par le rapport de la longueur du cours d'eau (Carthage) à la longueur totale des cours d'eau du bassin versant global.

3.3.2.2. Calcul des lames drainantes

Des différences marquées entre la bande côtière et l'arrière-pays existent, comme le montre l'atlas des précipitations moyennes annuelles des Pays de Loire (Figure 11).



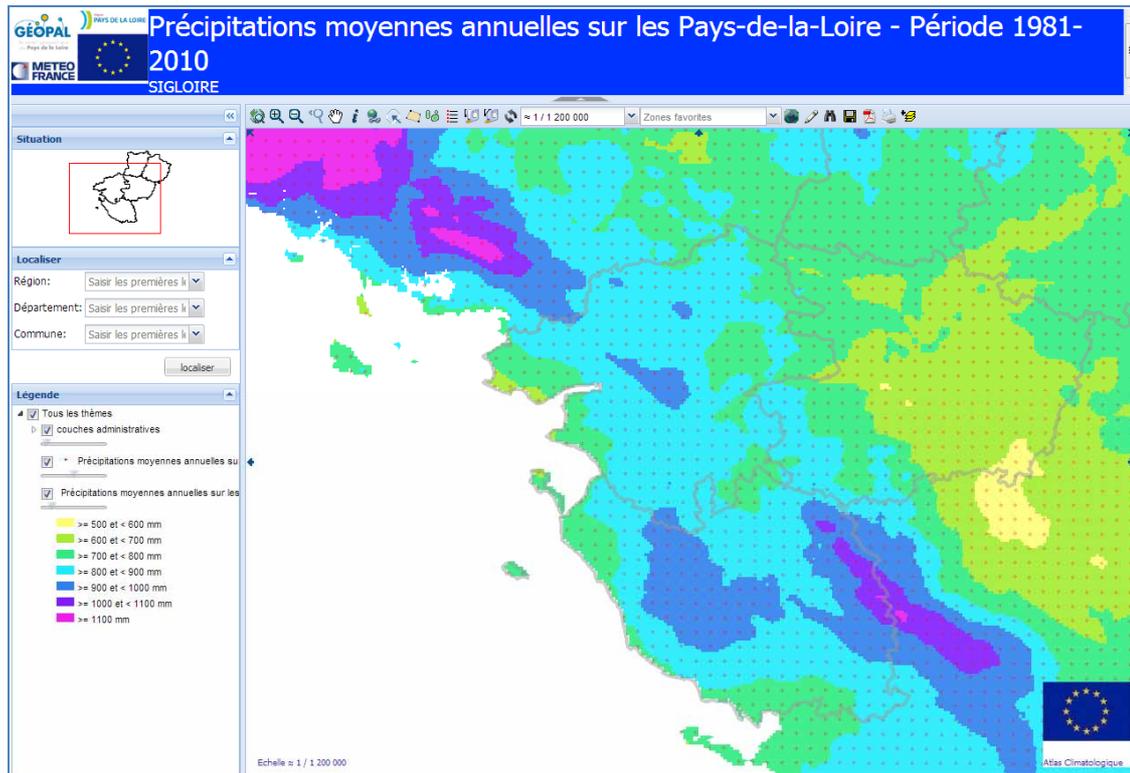


Figure 11 : pluviométrie annuelle (source : météoFrance)

Pour prendre en compte cet effet il est proposé d'évaluer la lame drainante, qui correspond à la part des précipitations s'écoulant vers les nappes puis la rivière (aussi décrite comme précipitation efficace). Elle correspond à la quantité d'eau tombée sur le bassin de laquelle est retranchée la quantité perdue principalement par évapotranspiration (^{vi}). Pour chaque station de jaugeage la Banque Hydro fournit la lame d'eau du bassin versant à la station de jaugeage à partir de la surface du bassin versant et de la quantité d'eau écoulée. Pour les bassins versants non jaugés, cette grandeur peut être déterminée par la formule suivante :

$$LD = PMA - ETP$$

où :

- LD : lame drainante
- PMA : hauteur de précipitations moyennes annuelles
- ETP : Hauteur d'eau perdue par évapotranspiration

L'évapotranspiration réelle est variable en fonction notamment de l'occupation des bassins versants, du régime des pluies et du climat local. Cependant, dans le cadre de cette étude, la valeur d'ETP utilisée est considérée comme constante sur la zone de l'étude. Pour la calculer, sur la zone d'étude, les bassins versants sur lesquelles la valeur de LD est disponible ont été analysés : estimation d'après les cartographies MétéoFrance des pluies moyennes annuelles (PMA) sur le bassin versant au niveau du point de jaugeage (Figure 12) et comparaison avec les lames d'eau calculées par la banque hydro pour déterminer la valeur d'ETP (Tableau 5).



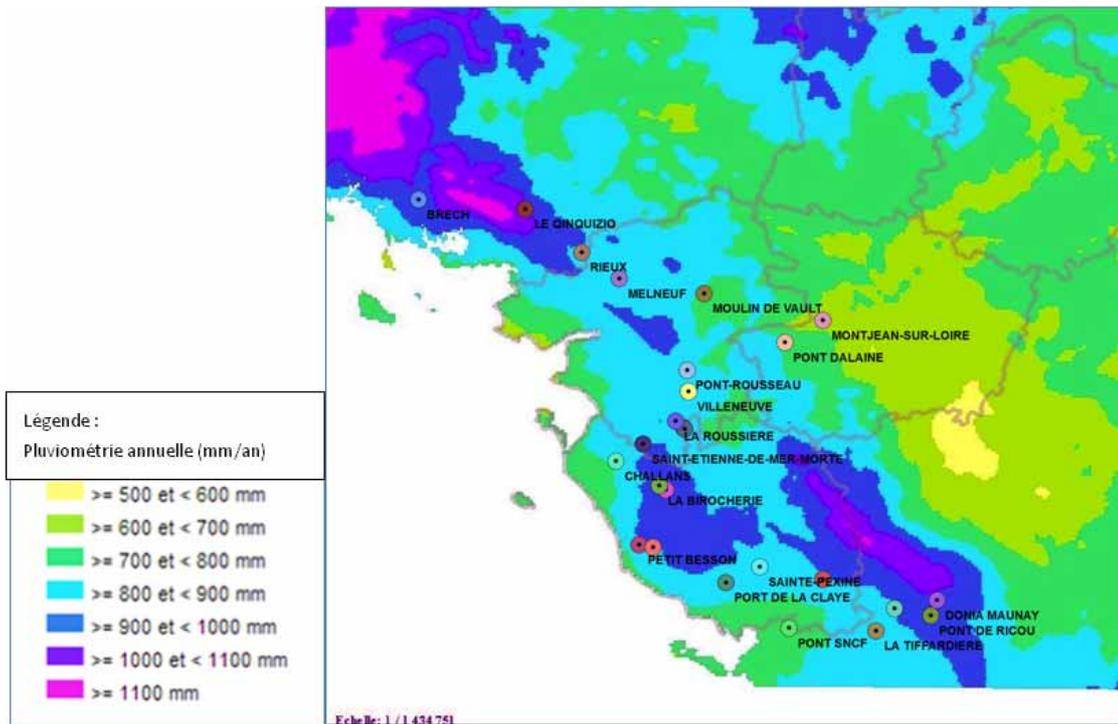


Figure 12 : Localisation des stations débits de référence (banque Hydro)

Tableau 5 : Caractéristique des stations de jaugeage (utilisées pour l'estimation des débits voisins)

CODE	STATION	VILLE	RIVIERE	BV (Km2)	X	Y	DATE_DEB	DATE_FIN	LD Bq Hydro (mm)	PMA Atlas (mm)	PMA Calc (mm)	ETP (mm)
J6213010	BRECH	BRECH	LE LOCH	179	200728	2316086	2000	2013	464	1050	1074	586
N0204210	CHALLANS	CHALLANS	LE PONT-HABERT	35	278500	2215900	2000	2013	277	900	887	623
N1001510	LA CHAPELLE-PALLUAU	LA CHAPELLE-PALLUAU	LA VIE	118	298000	2205000	2000	2013		950		
N1014010	LA BIROCHERE	LA CHAPELLE-PALLUAU	LA PETITE BOULOGNE	87	295490	2206540	2000	2013	270	950	880	680
N2013010	PETIT BESSON	VAIRE	'L'AUZANCE'	56	287780	2183680	2000	2013		900		
N3511610	PORT DE LA CLAYE	LA BRETONNIERE	LE LAY	1713	321678	2169456	2003	2013		950		
M6013010	PONT-DALAIN	LA CHAPELLE-SAINT-FLORENT	'L'EVRE'	460	343871	2262224	2000	2013	235	800	845	
M6333020	MOULIN DE VAULT	NORD-SUR-ERDRE	'L'ERDRE'	472	312298	2280796	2000	2013	177	800	787	623
M7502410	PONT-ROUSSEAU	NANTES	LA SEVRE NANTAISE	2360	305950	2251200	2000	2013	319	900	929	581
M8144010	LA ROUSSIERE	SAINT-COLOMBAN	LA LOGNE	130	301590	2231460	2000	2013	280	850	890	570
M8205020	VILLENEUVE	LES SORINIERES	'L'OGNON'	147	306570	2242980	2000	2013	251	825	861	574
N0113030	SAINT-ETIENNE-DE-MER-MORTE	SAINT-ETIENNE-DE-MER-MORTE	LE FALLERON	98	289050	2222600	2000	2013	260	900	870	640
N6110610	PONT SNCF	MARANS	LA SEVRE NIORTAISE	1700	346422	2152051	2004	2011		900		
J8813010	LE QINQUIZIO	MOLAC	'L'ARZ'	148	242411	2312794	2000	2013	482	1100	1092	618

La moyenne de l'ETP estimé, pour ces différentes stations, est de 610 mm. C'est donc cette valeur moyenne qui a été retenue pour l'estimation des lames d'eau à l'exutoire de la rivière dont on veut estimer le débit :

$$LD_{(Exut)} = PMA_{(BV-Exut)} - 610$$



La valeur de $PMA_{(BV-Exut)}$ est estimée à partir de l'atlas météorologique des Pays de Loire en considérant la valeurs moyenne sur l'ensemble du bassin versant.

Afin d'évaluer l'impact de cette correction de lame drainante sur l'estimation de débit d'une rivière voisine, les débits aux différentes stations de jaugeage ont été recalculés avec et sans la correction et en utilisant les deux stations les plus proches comme stations de référence.

La Figure 13 présente les débits recalculés et réels. Une amélioration très sensible des résultats en utilisant la correction de lame drainante est observée. A noter que les stations de références utilisées ici pour estimer l'impact de la correction ne se trouvant pas dans la zone très côtières de plus faibles précipitations, le graphe ci dessous ne montre pas l'ampleur des redressements qui sont induits par la prise en compte des différences de lames drainantes. Dans **les cas extrêmes la correction apportée sur le débit exutoire est d'un facteur 3** ou plus (32 exutoires représentant des surfaces modestes : moins de 400 km²). Pour **90 exutoires** (2750 km²) la correction engendrée est **d'un facteur compris entre 1.5 et 3**.

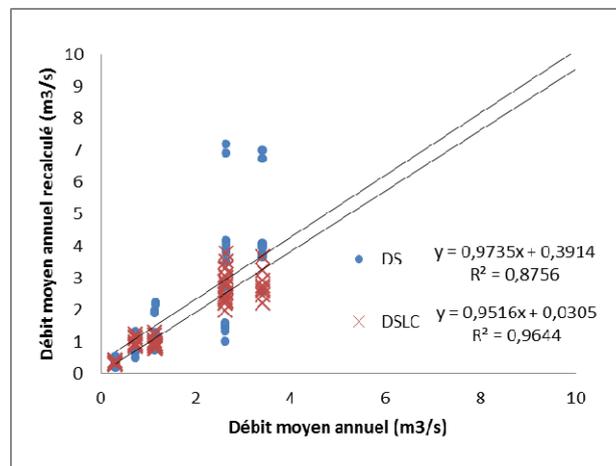


Figure 13 : Comparaison entre les débits observés et les débits calculés à partir d'une station de jaugeage sur un cours d'eau voisin corrigé ou non du rapport de lame drainante. (DS correction de surface, DSL correction de surface et de lame drainante)

3.3.2.3. Association des stations de référence débit et qualité de l'eau

Les cartes suivantes (Figure 14 à Figure 22) présentent pour chaque exutoire, la station de référence de qualité de l'eau et la station de débit qui a été retenue pour le calcul des flux. Une première version de ces cartes avait été soumise à **la maîtrise d'ouvrage (DREAL PL) pour valider ou modifier les associations proposées** (basée initialement essentiellement sur un simple critère de proximité). Le comité de pilotage ayant acté que le travail d'expertise de ces propositions soit conduit par la maîtrise d'ouvrage, **les cartes proposées ci-dessous correspondent aux associations validées** par la DREAL PL et finalement utilisées pour les calculs de flux de chaque exutoire. Sur ces cartes, les stations de référence de débit sont représentées par un disque coloré, les stations de référence de qualité par des triangles colorés. La couleur du disque d'un exutoire est celle de la station de référence associée. La couleur du triangle inclus dans le disque d'un exutoire correspond à la station de qualité de l'eau associée à cet exutoire. Pour plus de lisibilité les numéros des stations de référence de qualité de l'eau retenues sont entourés en rouge. Les stations d'assainissement sont placées à l'endroit de leur exutoire dans le milieu (d'après le site <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/>).



Cela peut être un cours d'eau, une lagune ou directement en mer. L'information de la nature du rejet d'une STEP (rejet direct en mer ou via un cours d'eau) est précisée dans la table de synthèse en annexe 2. Cette table de synthèse contient la liste des exutoires analysés dans cette étude, et pour chaque exutoire, la station de référence de débits associée, la station de référence de qualité des eaux associée, les STEP côtières intégrées au calcul de flux se rejetant en mer via cet exutoire. Il est également précisé pour chacun, s'il se situe en amont de zones d'échouage retenues dans l'étude, afin de faciliter le bilan par zone.

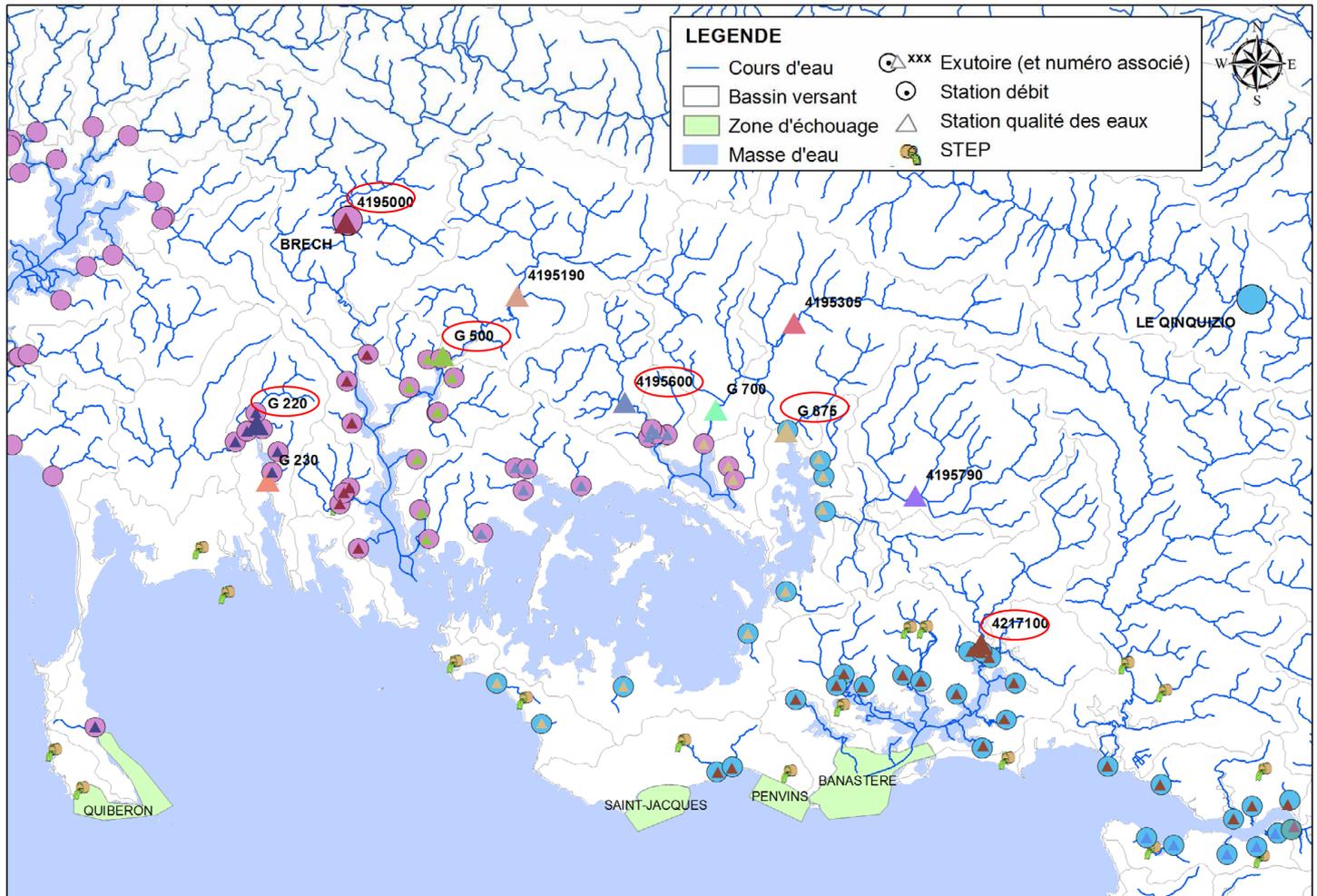


Figure 14 : Golfe du Morbihan, baie de Vilaine (entourées en rouge, les stations qualité retenues pour le calcul)



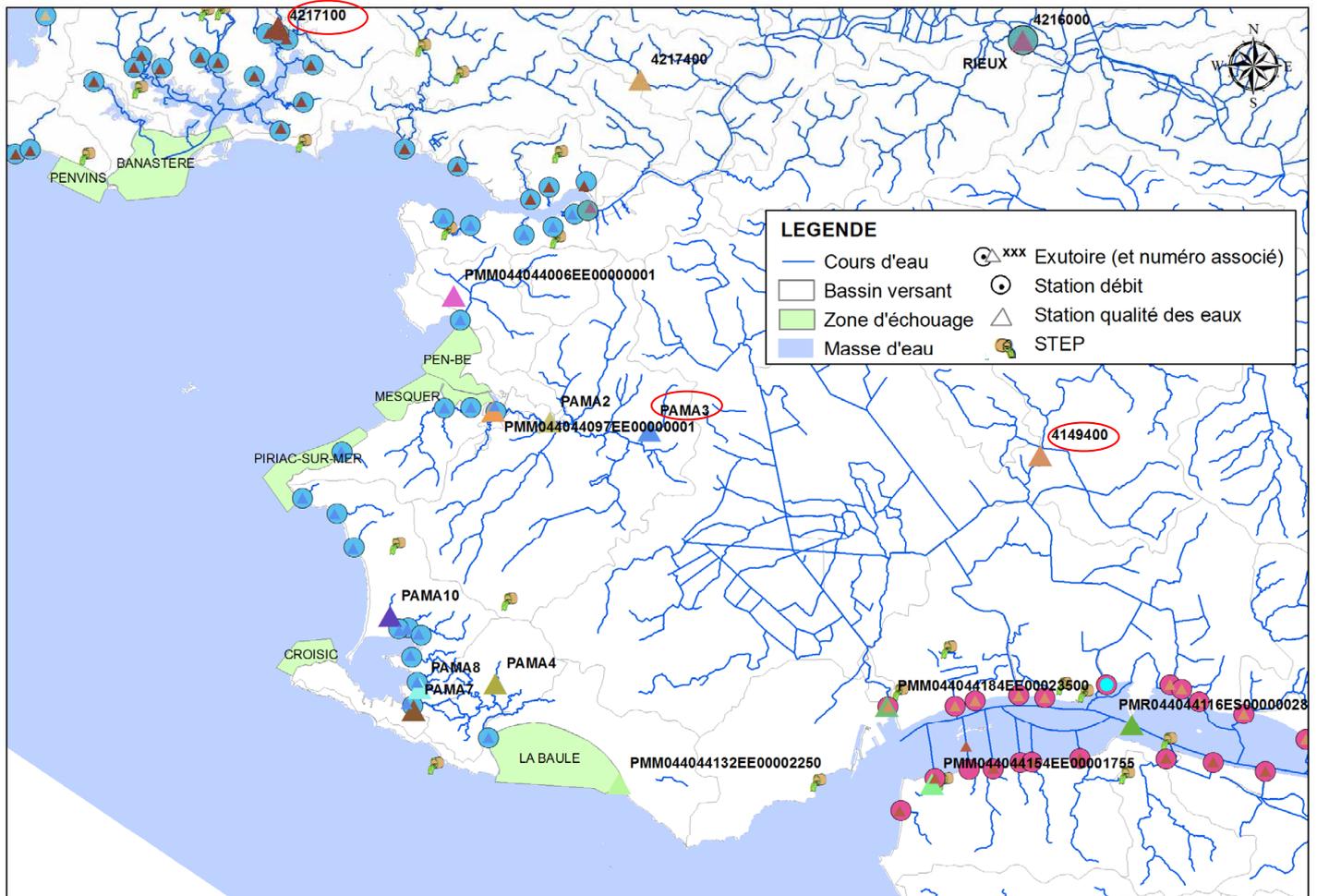


Figure 15 : Sud Vilaine (rappel : station de référence de débit : Le Quinquizio, sur l'Arz)



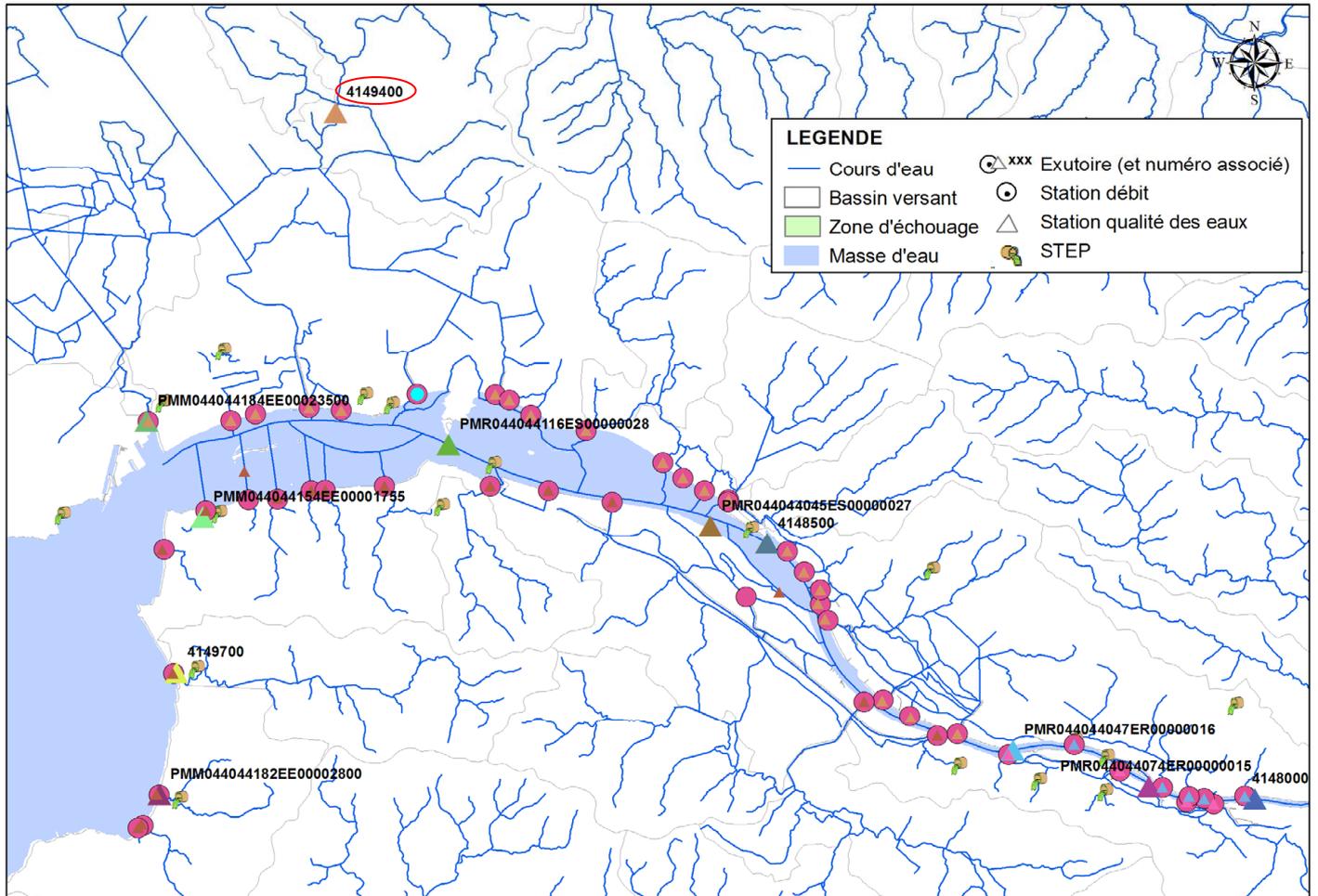


Figure 16 : zone nord Loire (débit référence : Saint-Etienne de Mer Morte, sur le Falleron)



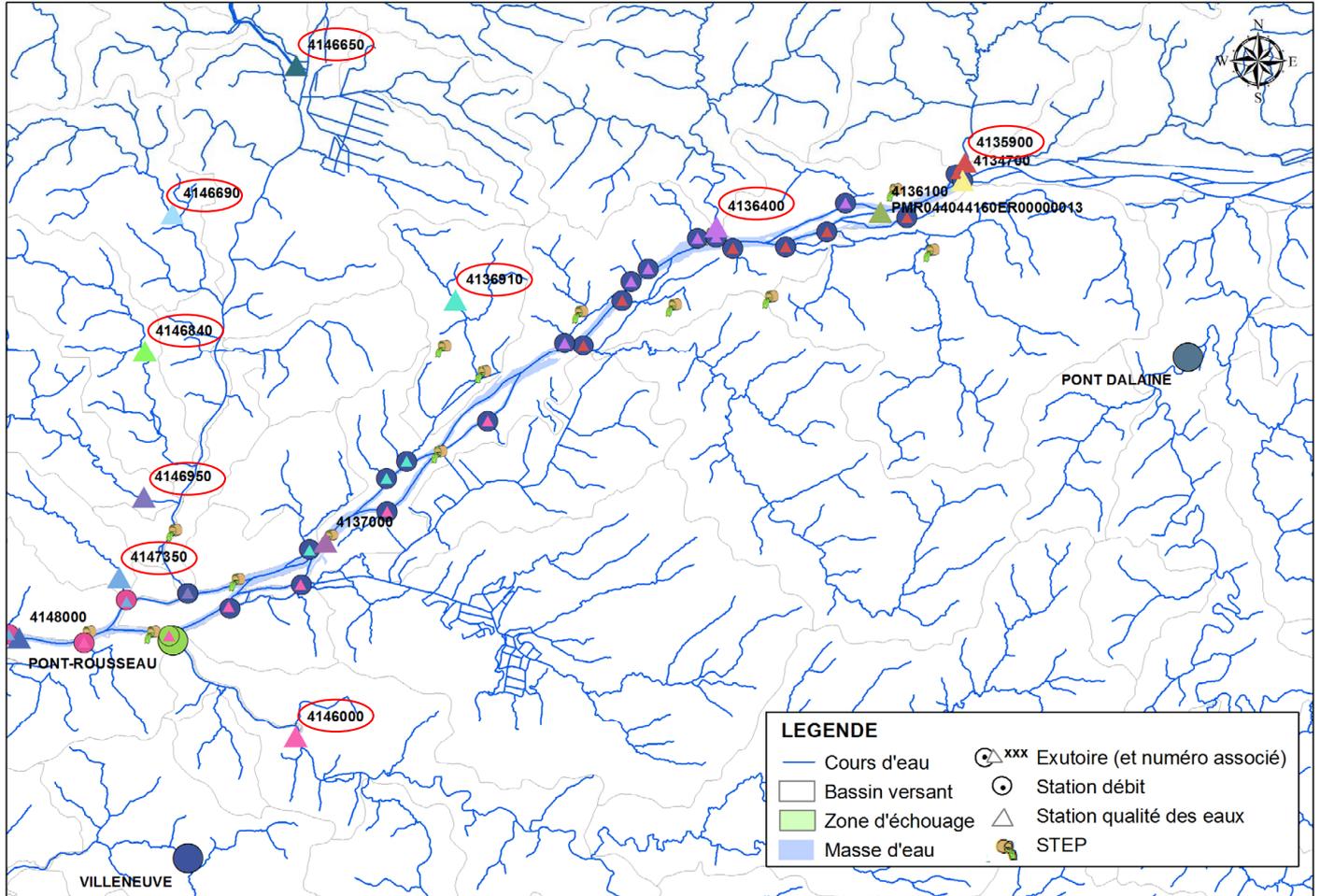


Figure 17 : zone Loire amont (station de référence débit : Villeneuve, sur l'Ognon)



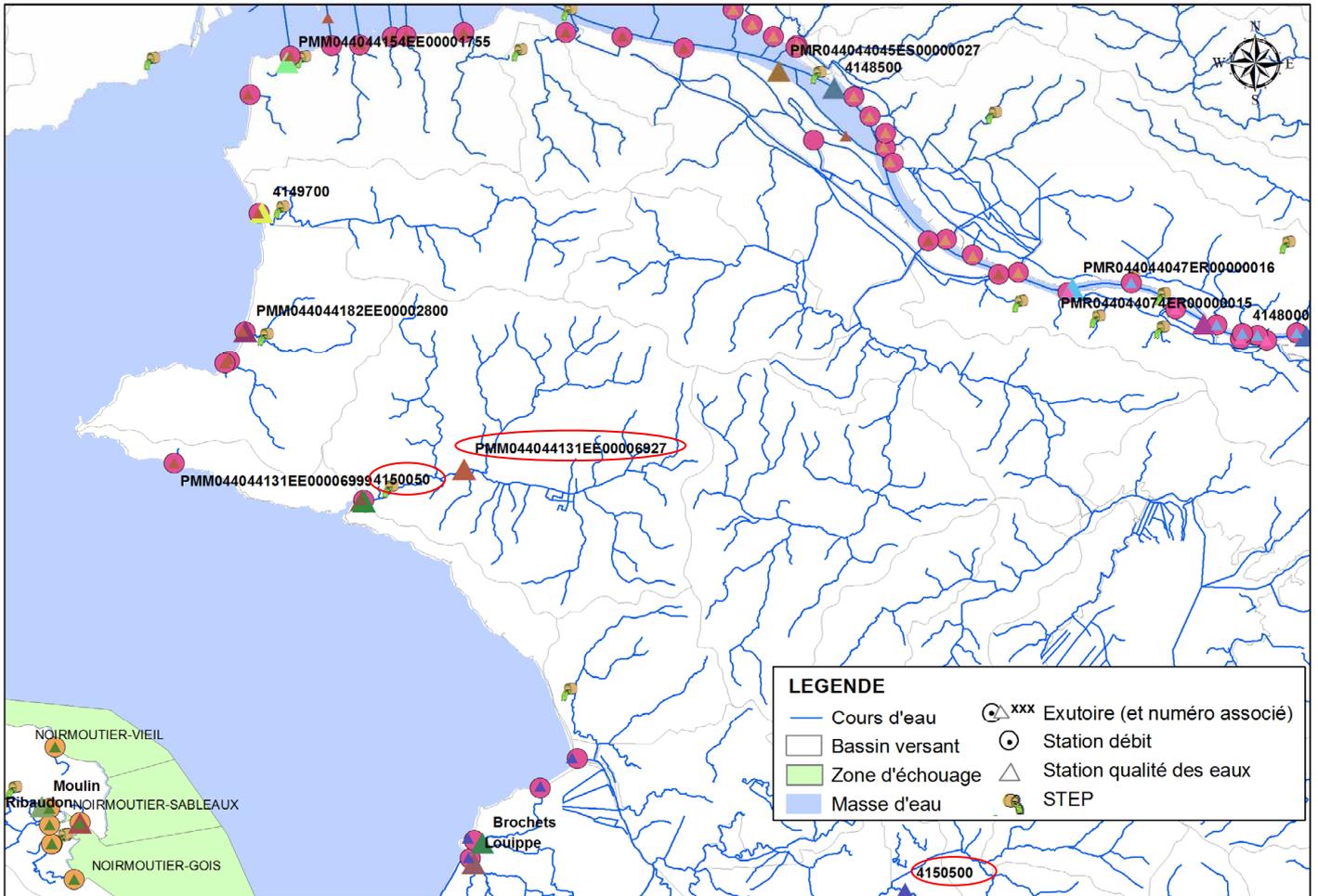


Figure 18 : Sud Loire (référence débit : Saint Etienne de Mer Morte, sur le Falleron)



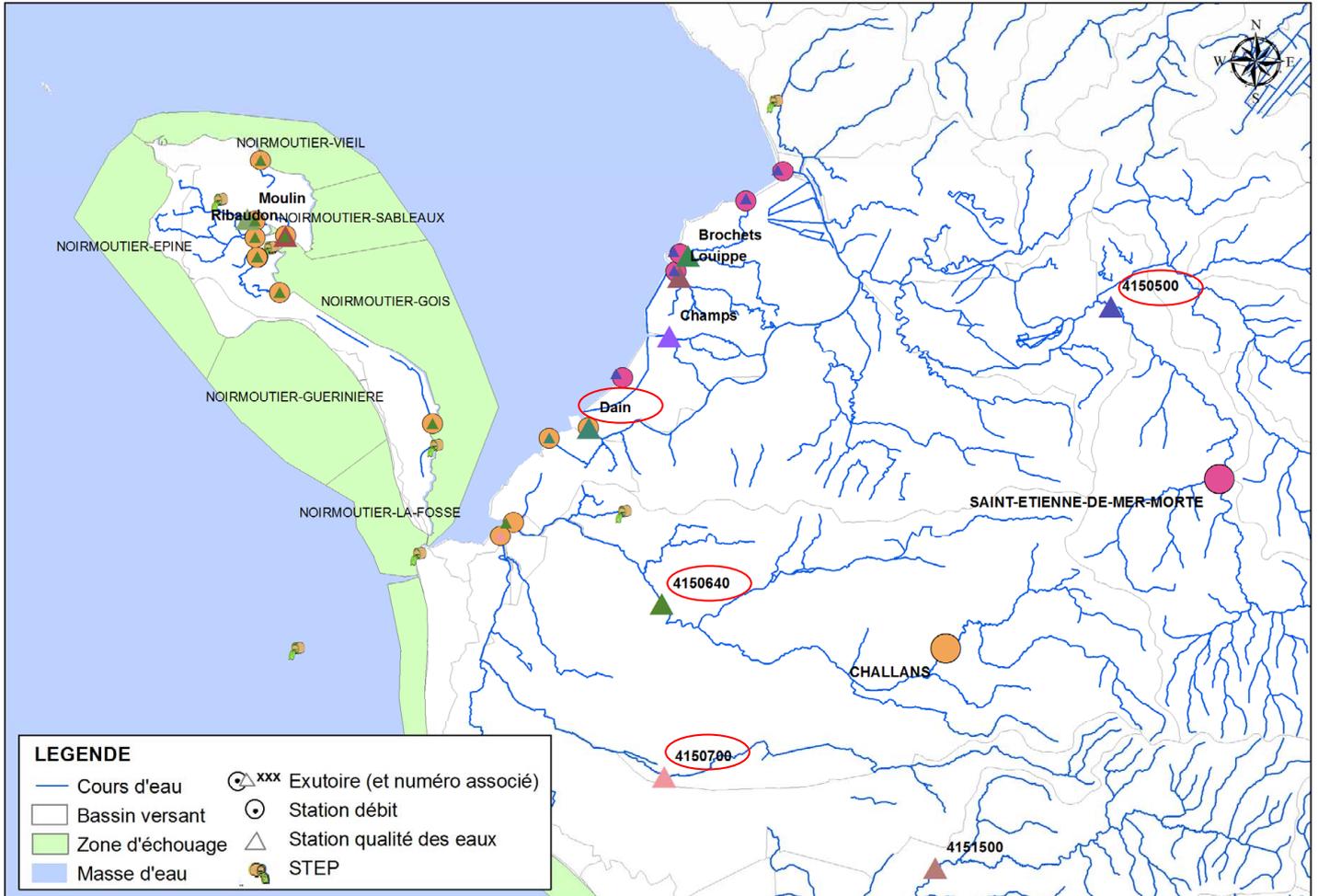


Figure 19 : Zone Noirmoutier (référence débit: Challans, Saint-Etienne de Mer Morte, sur le Falleron et Challans, sur le Pont Habert).



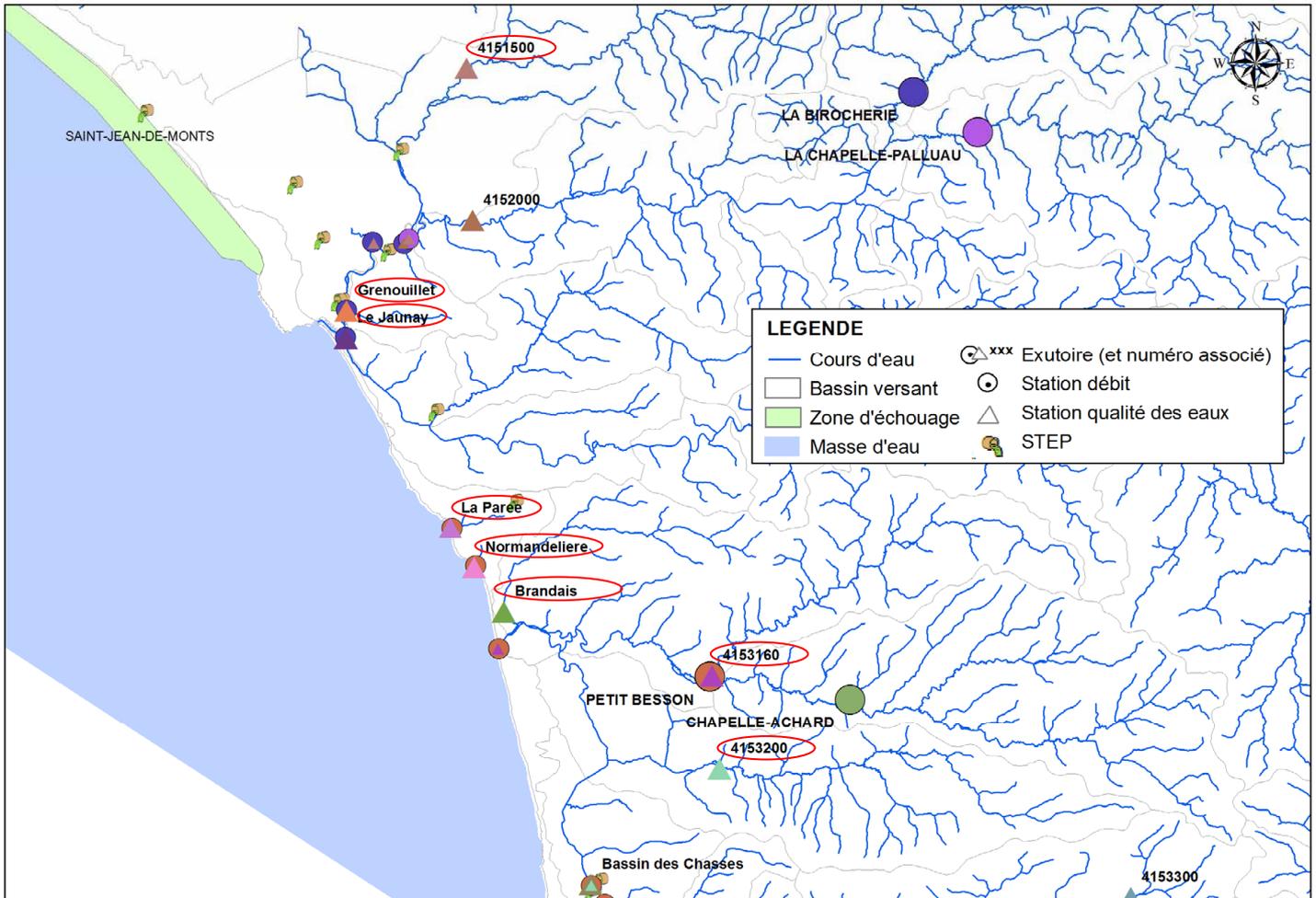


Figure 20 : Zone Nord Vendée (débits références : La Birochere, sur la Petite Boulogne et Petit-Besson sur l'Auzance)



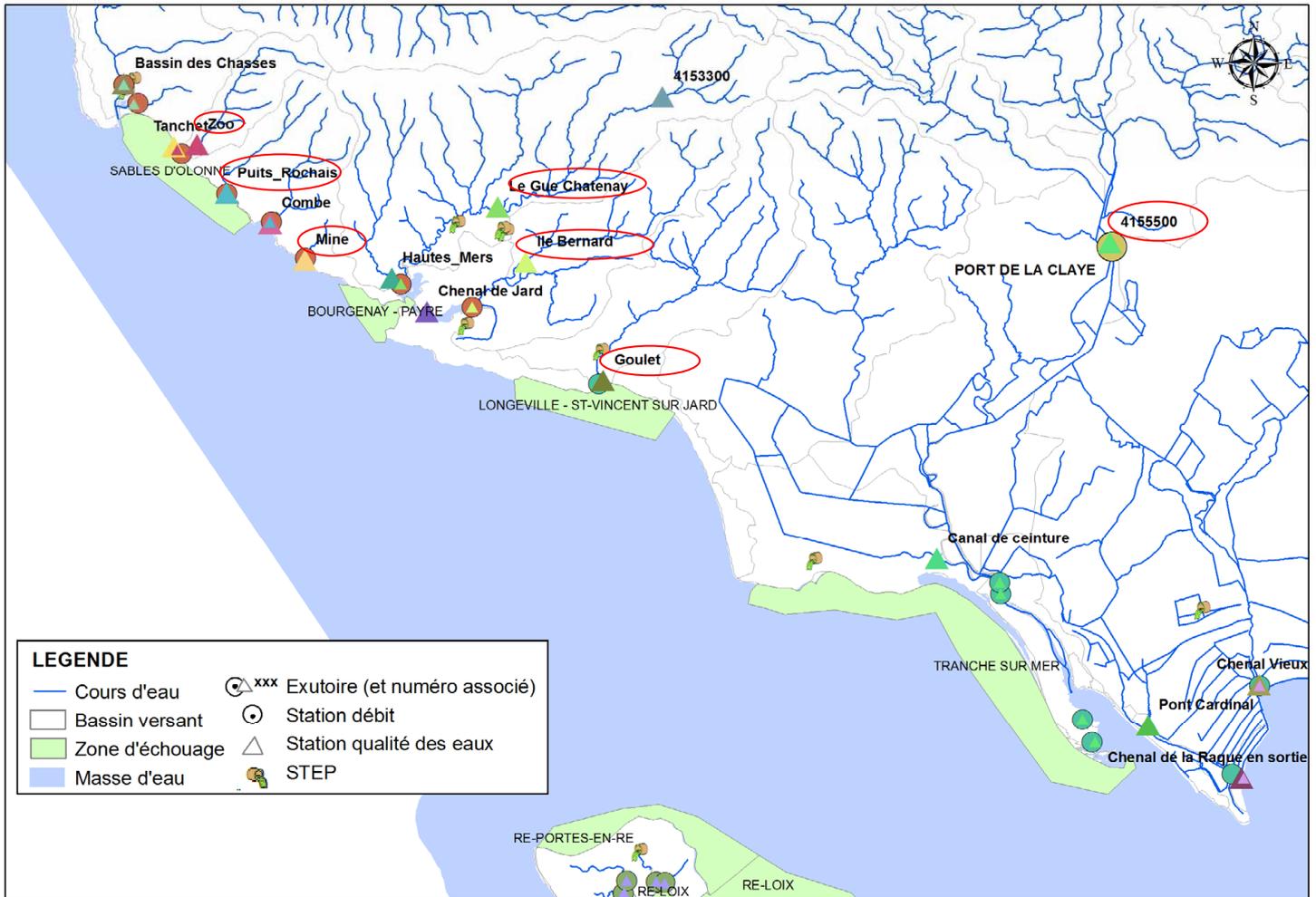


Figure 21 : Zone Sud Vendée (station débit référence : Sainte-Pexine, sur le Lay et Petit Besson sur l'Auzance)





Figure 22 : Zone Ile de Ré (débits référence, Sainte-Pexine, sur le Lay et Pont-Sncf, sur la Sèvre niortaise, Chapelle Achard, sur la Renolière (pour Ile de Ré))

3.3.2.4. Evaluation des incertitudes sur les calculs de flux

✓ Estimation des incertitudes :

Les niveaux d'incertitudes varient selon le type d'information disponible sur le cours d'eau. Trois cas distincts ont été retenus sur lesquels l'objectif est d'établir une estimation de niveau d'incertitude :

- cours d'eau disposant d'une station de jaugeage et d'une station de mesures de qualité des eaux,
- cours d'eau ne disposant ni de donnée de débit ni de qualité de l'eau spécifique sur son cours,
- cours d'eau disposant d'une mesure de qualité des eaux mais pas de station de jaugeage.

La part des cours d'eau selon le type d'informations disponibles et la part des surfaces de bassin versant correspondant sont récapitulés dans les deux tableaux suivants :



Tableau 6 : Disponibilité des données sur l'ensemble des cours d'eau, en nombre d'exutoires

données disponibles sur le cours d'eau	nombre d'exutoires en % (total)	nombre d'exutoires en % (BV > 10km2)
aucune information directe	82	67
station débit uniquement	0	0
station qualité uniquement	15	27
station débit et qualité	3	6

Note : La part des cours d'eau sans aucune information tombe à 54% lorsque ne sont considérés que les bassins versants dont la surface est supérieure à 20 km².

Tableau 7 : Disponibilité des données sur l'ensemble des cours d'eau, en surface de bassin versant concernée

données disponibles sur le cours d'eau	Surface totale des BV(%)
aucune information directe	4%
station débit uniquement	0 %
station qualité uniquement	4%
station débit et qualité	92%

Plus de 90 % de la superficie des bassins versants alimentant le secteur d'étude est donc couverte par des données de débit et de qualité de l'eau, permettant une estimation des flux de nutriment relativement fiable.

La Figure 23 : Synthèse par bassin versant des types de donnée disponibles permet d'illustrer que les portions de territoire les moins bien renseignées (débit et qualité de l'eau) sont les petits bassins versants côtiers, la majeure partie du territoire « alimentant » la zone d'étude étant quant à elle renseignée en débit et en mesure de qualité de l'eau.

A noter : la zone au Sud de La Rochelle (bassins versants de la Charente et de la Gironde) fait l'objet d'évaluations de flux par une méthode « intermédiaire » reposant sur la mesure des débits et les relations débit concentration (réalisation en dehors de la présente étude MB1).



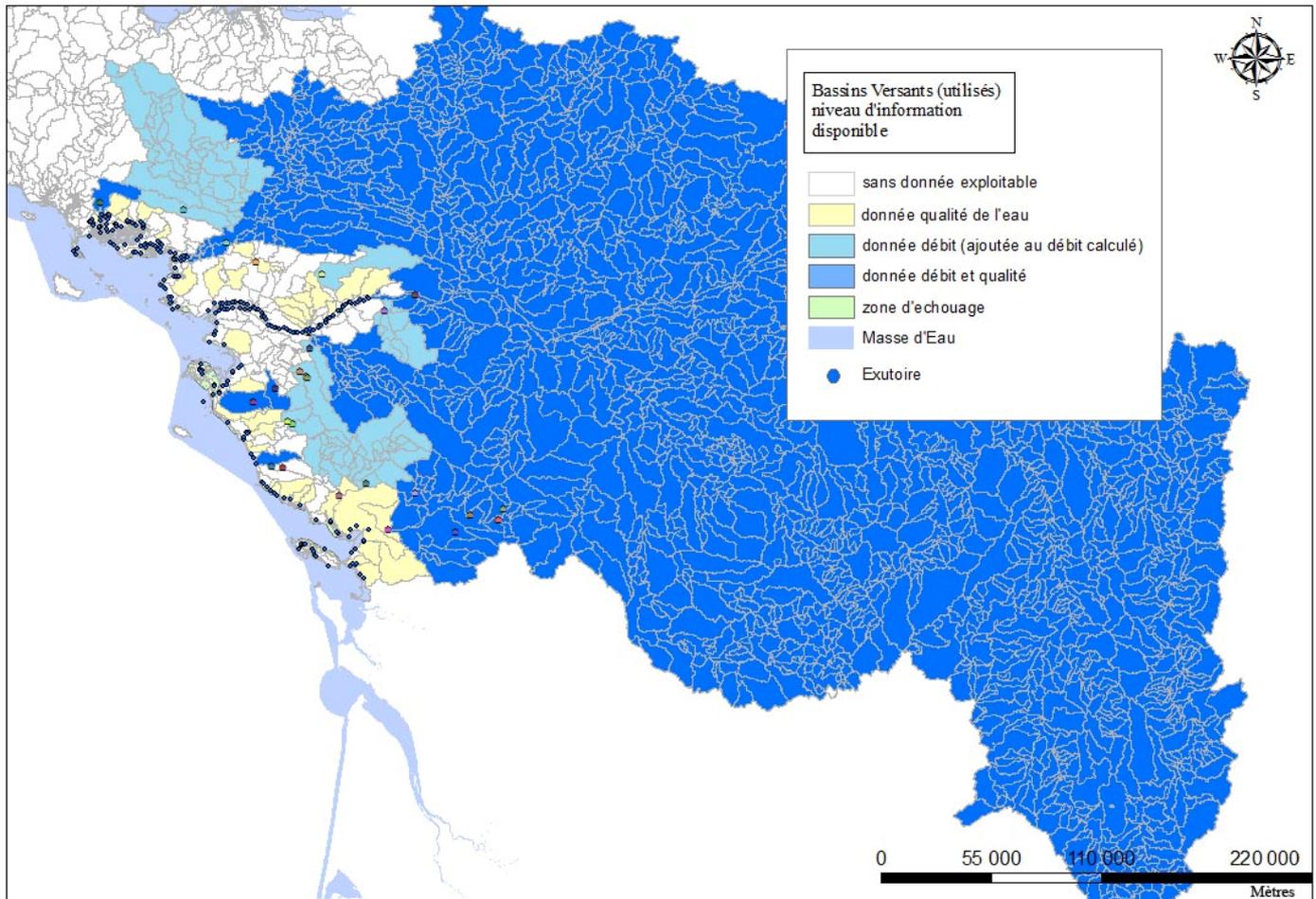


Figure 23 : Synthèse par bassin versant des types de donnée disponibles

✓ Cours d'eau avec mesures limnimétriques et de qualité des eaux

Pour ces cours d'eau une évaluation des niveaux d'erreurs par paramètre peut être réalisée, au niveau des stations, suivant la méthode de Moatar et al. ^(viii), définissant différents niveaux d'erreur sur l'estimation du flux annuel en fonction de la pente (Bsup50) de la relation log-log entre débit et concentration, en un même point, pour les débits supérieurs au débit moyen de la rivière (caractérisation du fait que certaines substances sont plus concentrées lors des forts débits, d'autres moins) et le pourcentage d'eau transportée dans 2% du temps (importance des épisodes de crue). Ces calculs d'incertitudes, présentés plus en détail dans le rapport sur les flux Loire-Vilaine (MB4), ont été effectués en utilisant la méthode de calcul de flux dite DWC utilisant une pondération des concentrations par le débit dont les résultats sont proches de la méthode de calculs de flux par interpolation que nous avons utilisée. Ces calculs permettent donc d'approcher les incertitudes sur le flux calculé avec la méthode IRC employée ici.

Cette méthode a été appliquée à sept cas tests :

- La Loire à Montjean (49)
- La Vilaine à Rieux (56),



- Le Loch à la station de Brech (56),
- Le Pont Habert à la station de Challans (85),
- Le Lay à la station de Pont de la Claye (85),
- L'Auzance à Vairé station de « petit-besson » (85)
- La Petite Boulogne à la Chapelle-Palluau station de « la Birochère » (85)

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Estimation des incertitudes sur cinq rivières côtières du domaine d'étude (+ Loire et Vilaine, cf MB4).

Stations	parametres	Bsup	precision
	Ntk	0.311	45%
petit-Besson	NH4	0.381	45%
w2 = 0.196	NO3	-0.073	20%
frequence=30j	P	0.34	45%
	PO4	0.299	45%

Stations	parametres	Bsup	precision
	Ntk	0.155	20%
Port de la claye	NH4	0.37	45%
w2 = 0.207	NO3	0.027	20%
frequence=30j	P	0.16	20%
	PO4	0.26	45%

Stations	parametres	Bsup	precision
	Ntk	0.36	45%
La Birochere	NH4	0.024	20%
w2 = 0.178	NO3	-0.209	45%
frequence=30j	P	0.449	45%
	PO4	0.245	45%

Stations	parametres	Bsup	precision
	Ntk	0.287	25%
Brech	NH4	0.055	10%
w2 = 0.113	NO3	-0.042	10%
frequence=15j	P	0.046	10%
	PO4	0.01	10%

Stations	parametres	Bsup	precision
	Ntk	0.32	25%
Loire	NH4	0.49	25%
w2 = 0.074	NO3	0.095	4%
frequence=15j	P	0.75	25%
	PO4	0.75	25%

Stations	parametres	Bsup	precision
	Ntk	0.04	25%
Challans	NH4	0.508	45%
w2 = 0.27	NO3	0.289	45%
frequence=30j	P	-0.09	25%
	PO4	0.34	45%

Stations	parametres	Bsup	precision
	Ntk	0.205	25%
Vilaine	NH4	0.14	10%
w2 = 0.12	NO3	0.0034	10%
frequence=15j	P	0.19	10%
	PO4	0.29	25%

On peut noter des niveaux d'incertitudes très variables selon les cas, compris entre 4 et 45 %, qui augmentent nettement pour les cours d'eau dont le w2%, part du débit écoulé en 2 % du temps soit 7 j dans l'année, augmente (27 % sur la rivière du Pont Habert à Challans, ce qui indique des débits de crues très importants et des étiages très sévères avec plusieurs mois par an quasiment sans écoulement de la rivière) alors que la fréquence de prélèvement est basse (30 j). A l'opposé, la Loire avec 7.5 % des volumes transportés en 2 % du temps et des prélèvements tous les 15 j présente une précision estimée à 4 % sur le flux de nitrates annuel.



  REPUBLIQUE FRANÇAISE PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	49/75

✓ Cours d'eau sans mesure de débit ni concentration

La méthode de calcul de flux employée pour les rivières n'ayant ni station de jaugeage ni station de mesures de la qualité des eaux, cumule plusieurs facteurs d'incertitude :

- les imprécisions liées au calcul de débit, qui en l'absence d'information sur le fonctionnement hydrologique sont difficiles à évaluer,
- les imprécisions liées à la différence de concentrations entre la rivière d'intérêt et la rivière de référence, qui en l'absence de toutes données, ne peuvent être estimées de manière formelle,
- les imprécisions sur la connaissance des concentrations sur la rivière de référence liées à la fréquence d'échantillonnage.

Pour appréhender la « gamme d'incertitude » suivant les cours d'eau, il est proposé ici une méthode globale. Elle consiste à calculer les flux selon la méthode générale utilisée dans le cadre de la présente étude sur des sites pour lesquels nous disposons d'une information de bonne qualité (débits journaliers au point de suivi et concentrations à fréquence « acceptable » sur le cours d'eau lui-même). Est estimée ensuite, par extrapolation spatiale, comme dans la méthode proposée pour la présente étude en cas d'absence de données, une série de flux sur l'année et sur la période mai-septembre, en utilisant une station de référence des débits et une station de référence de qualité de l'eau plus éloignée. A l'écart sur le flux entre le calcul avec les données réelles et le calcul sans les considérer, doit s'ajouter l'incertitude commise sur l'estimation de la station de référence elle-même, rappelée au paragraphe précédent.

Ces tests ont été effectués sur quatre jeux de données (Tableau 9):

1. Morbihan : la station de référence simulée est la station de Brech sur Le Loch se jetant dans la rivière d'Auray, les flux y sont simulés en utilisant la station de référence de débit voisine du Quinquizio sur l'Arz, et soit la station de mesure de qualité G500 soit la station 4195190, Figure 24.
2. Vendée : la station de Challans dans le marais de Salertaine est simulée en utilisant la station de débit de Saint-Etienne-de-mer-morte et deux stations de qualité voisines (4151500 et 4150700), Figure 25.
3. sud de la Vendée sur la petite Boulogne : station de référence débits et qualité à la Birochère (4150900) ; simulations à partir des débits de la Chapelle Palluau et des données qualité voisines (4150830 et 4150970), Figure 26
4. sud de la Vendée sur l'Auzance : station de référence des débits et qualité au « Petit Besson » (4153160) ; simulations à partir des débits de la Chapelle Achard et des données de qualité voisines (4153100 et 4153200), Figure 27



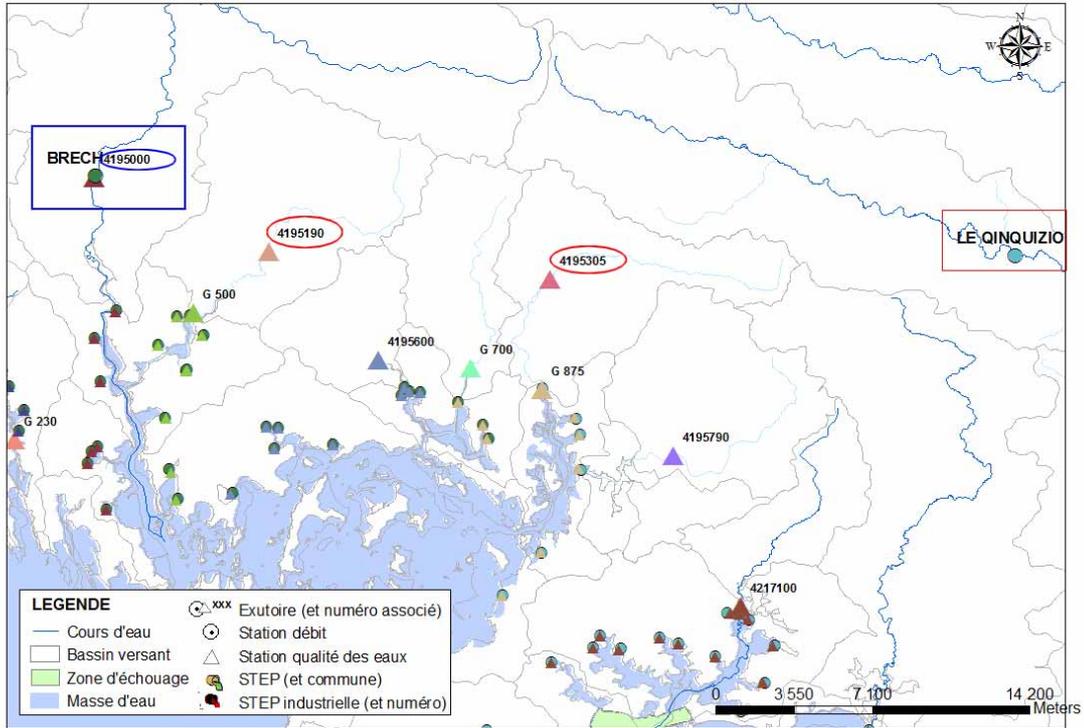


Figure 24 : Simulation dans le Golfe du Morbihan (cas réf : Brech, 419500),

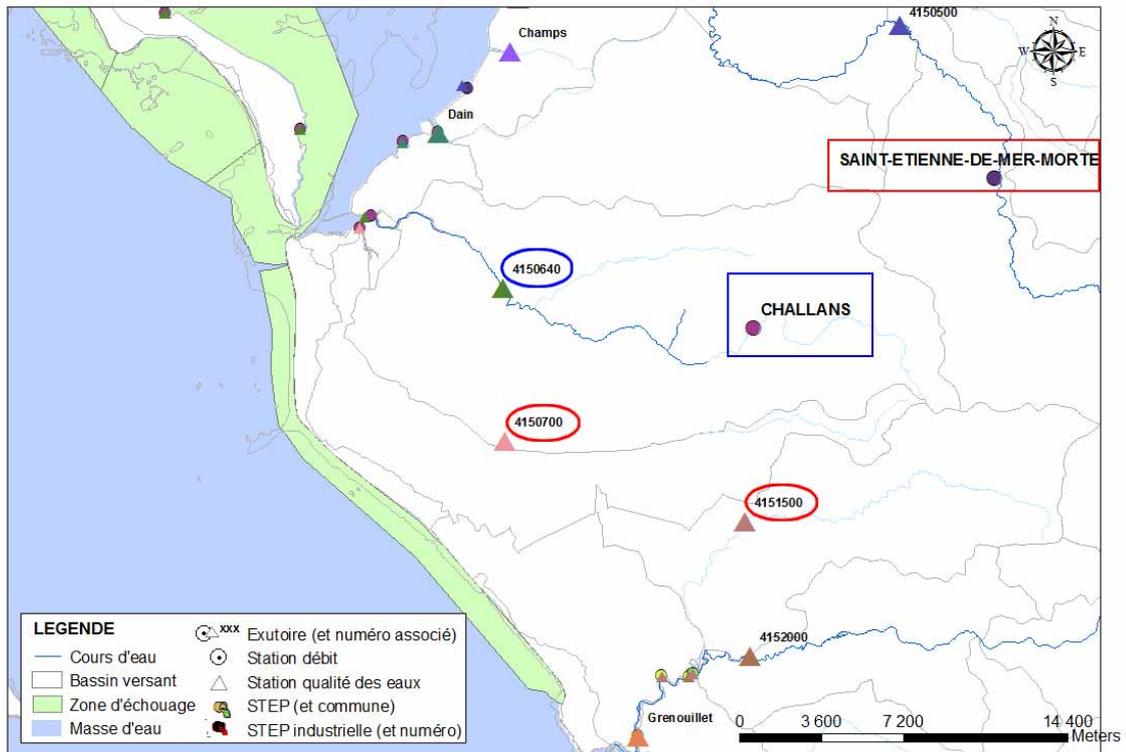


Figure 25 : Simulation sur la côte Vendéenne (cas réf : CHALLANS, 4150640)



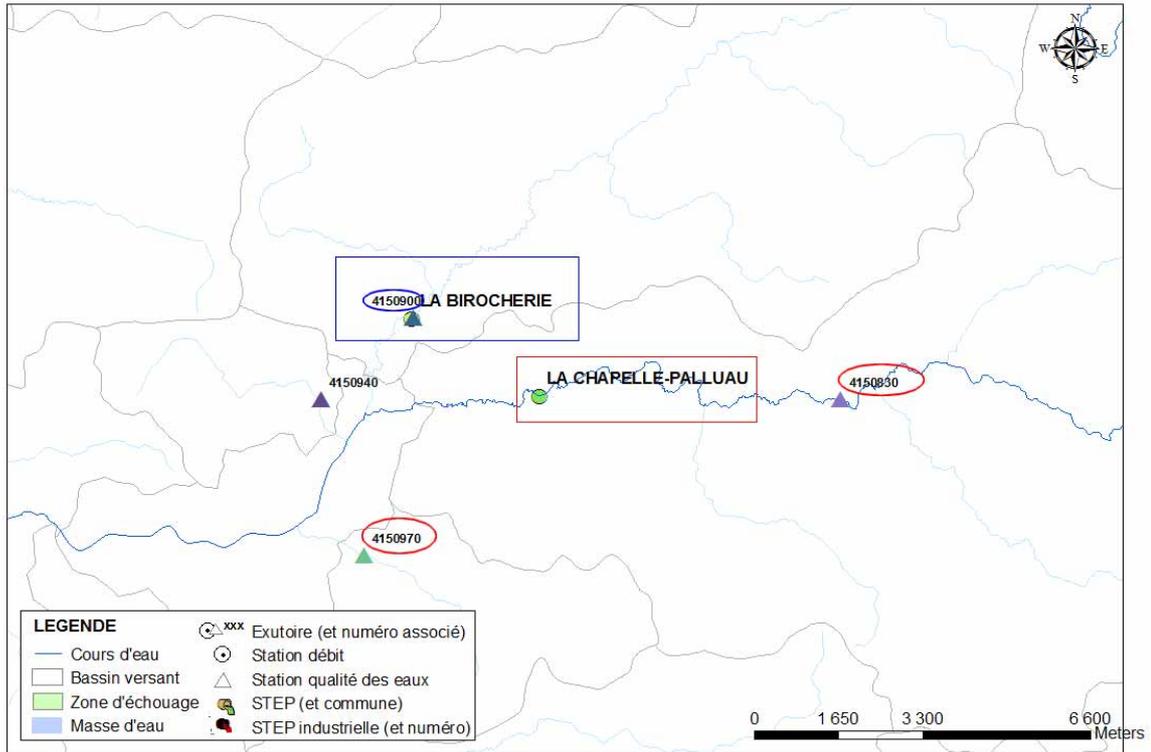


Figure 26 : Simulation sur la côte Vendéenne (cas réf : Birochère, 4150900)

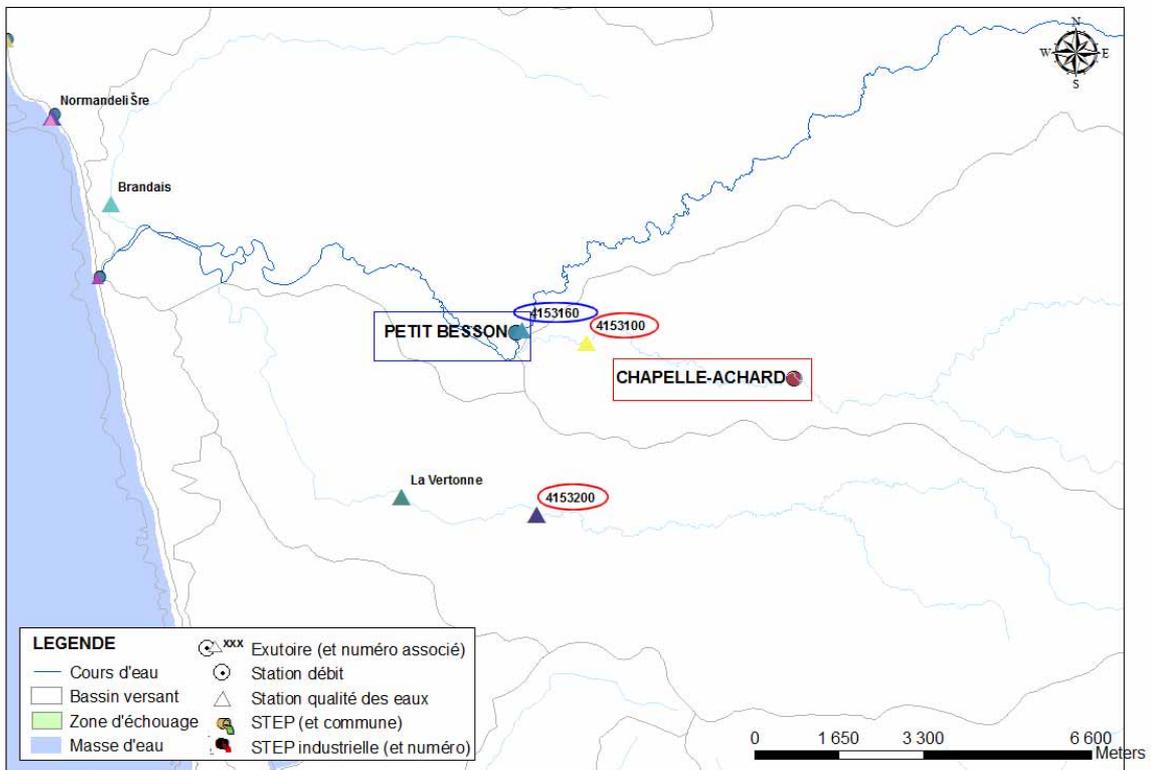


Figure 27 : Simulation sur la côte Vendéenne (cas réf : Petit Besson , 4153160)



Tableau 9 : tableau récapitulatif des cas testés

Cas	Station de référence		Station test	
	Débit	Qualité	Débit	Qualité
1-a	Brech	4195000 (Brech)	Quinquizio	4195190
1-b			Quinquizio	G500
2-a	Challans	4150640 (St-Urbain)	St Etienne de Mer morte	4150700
2-b			St Etienne de Mer morte	4151500
3-a	La Birochère	4150900	Chappelle Palluau	4150830
3-b			Chappelle Palluau	4150970
4-a	Petit-Besson	4153160	Chapelle Achard	4153100
4-b			Chapelle Achard	4153200

Les tableaux suivants donnent la moyenne et l'écart-type des rapports de débits et de flux (simulé/référence) dans les différents cas, **en valeurs annuelles et sur la période mai-septembre**, entre 2000 et 2012. A noter que pour le cas 1a seules les années 2010 – 2012 disposent de données ; les calculs ont donc dus être restreints à cette période.

Les cas (a) correspondent au choix, comme station « de référence », de la station la plus proche de la station à évaluer. La sélection est donc réalisée a priori selon les mêmes critères que ceux utilisés pour l'affectation des stations de référence de la présente étude (station la plus proche) **mais sans l'étape de « validation de l'association par le comité de pilotage »**. Les cas (b) **correspondent à des stations de qualité plus éloignées et parfois avec des comportements hydrologiques où des occupations du sol totalement différentes**. Ces stations n'auraient **donc jamais été retenues dans les choix d'association de station de référence**, mais ont été analysées tout de même pour évaluer des cas moins favorables qui pourraient se produire en cas d'association automatique sans validation des stations et dans des secteurs disposant de peu de stations de références exploitables.

Tableau 10 : Calcul des rapports de débits et flux par rapport à la station de référence sur les valeurs annuelles et mai-septembre (simulé/référence).

Moyenne (flux annuel)						
Cas	Débits	NO3	NH4	Ntk	PO4	Pt
1-a	0.89	0.82	1.17	0.93	0.82	1.64
1-b	0.89	0.66	1.91	0.85	1.35	0.98
2-a	1.02	0.95	0.71	1.16	1.18	1.21
2-b	1.02	3.57	1.03	0.71	0.98	0.73
3-a	1.10	1.16	1.13	1.10	2.33	1.82
3-b	1.10	1.44	2.06	1.17	1.26	1.19
4-a	0.88	0.81	0.79	0.88	0.60	0.74
4-b	0.88	1.06	2.12	1.13	1.57	1.42

Ecart-type (flux annuel)						
Cas	Débits	NO3	NH4	Ntk	PO4	Pt
1-a	0.09	0.07	0.25	0.14	0.24	0.31
1-b	0.09	0.12	0.27	0.25	0.62	0.37
2-a	0.14	0.29	0.26	0.46	0.62	0.39
2-b	0.14	0.98	0.56	0.17	0.19	0.10
3-a	0.09	0.20	0.50	0.25	1.46	0.84
3-b	0.09	0.22	1.26	0.40	0.29	0.22
4-a	0.10	0.08	0.30	0.15	0.13	0.17
4-b	0.10	0.20	1.52	0.39	0.68	0.78



Moyenne (flux mai-septembre)						
Cas	Débits	NO3	NH4	Ntk	PO4	Pt
1-a	0.85	0.80	1.57	0.86	0.95	1.83
1-b	0.85	0.62	1.91	0.67	1.42	0.91
2-a	0.98	0.94	1.05	0.94	0.94	0.89
2-b	0.98	7.21	2.09	0.56	1.42	0.75
3-a	1.26	1.25	3.05	1.55	2.31	2.09
3-b	1.26	2.13	2.52	1.53	1.01	1.23
4-a	0.78	0.79	0.94	0.72	0.43	0.61
4-b	0.78	0.85	3.86	1.04	1.67	1.44

Ecart-type (flux mai-septembre)						
Cas	Débits	NO3	NH4	Ntk	PO4	Pt
1-a	0.14	0.12	1.53	0.18	0.46	0.03
1-b	0.14	0.15	1.79	0.23	0.74	0.50
2-a	0.61	0.38	0.97	0.44	0.85	0.49
2-b	0.61	4.15	2.48	0.36	1.28	0.47
3-a	0.41	0.38	2.97	0.68	1.84	1.34
3-b	0.41	1.03	2.58	0.94	0.50	0.54
4-a	0.23	0.30	0.99	0.31	0.19	0.24
4-b	0.23	0.35	3.84	0.56	1.37	0.95

Ces cas indiquent, pour les débits annuels des écarts qui sont relativement modestes, autour de 10 % (biais) avec des imprécisions de l'ordre de 10 à 15 %. En données saisonnières mai-septembre, les écarts sur les débits sont logiquement plus importants en dépassent 20 % pour les cas 3 et 4 (« Birochère » et « Petit Besson ») auxquels s'ajoute des imprécisions de 15 à 40 %.

Pour les flux de nitrates des cas (a), la moyenne des rapports pour les 4 cas analysés est de 0.93 (indiquant, si ces 4 cas était représentatifs, une sous estimation de 7 % des apports annuels) pour le flux annuel (0.81 à 1.16) avec une imprécision de l'ordre de 15 % (30 % pour le maximum estimé). Ces rapports sont en moyenne de 0.94 sur la période mai-septembre (indiquant un biais sur ces 4 cas analysés de 6 % de sous estimation des apports) et une imprécision plus grande. Pour les autres nutriments, les écarts sont supérieurs et sont en moyenne de 1.23 pour le PO4 annuel (surestimation sur ces 4 cas en moyenne de 23 %) et 1.16 en mai-septembre (surestimation de 16 %) assortis d'une imprécision de 61 % en moyenne annuelle et 84 % sur mai-septembre. Sur l'ammonium, les écarts pour les valeurs mai-septembre sont important et atteignent un facteur 3 en période mai-septembre (surestimation d'un facteur 3 pour le cas 3-a et en moyenne de 1.65) assortis d'une imprécision de 160 %.

Ces écarts s'expliquent par :

- Des écarts sur les débits qui peuvent être non négligeables et liés à de mauvaises évaluations des surfaces de BV (confirmation par la DREAL Bretagne d'imprécision parfois de 10 % sur les surfaces de BV de la banque hydro ce qui impacte le calcul du débit estimé au prorata des surfaces), une imprécision sur la valeur de l'ETP considérée (lecture de la PMA puis soustraction de 610 mm) et des écarts qui peuvent être non négligeables entre l'ETP « théorique » et l'évapotranspiration réelle (occupation de l'espace, type de sol, pluviométrie locale qui jouent sur cet ETR)
- Des écarts sur les concentrations qui peuvent être très importants d'un bassin à l'autre, en particulier sur NH4 et PO4 ou Ptotal. Cela est notamment lié à la présence ou non de station d'épuration. Par exemple pour le cas 3 a, les moyennes de PO4 sont respectivement de 0.57 et 1.3 mg/l ; pour le 3 b de 0.45 / 1 mg/l en moyenne de NH4. Le cas le plus



flagrant d'écart important sur les nitrates concerne le cas 2-b pour lequel la station de référence est dans le marais de Salertaine (moyenne de nitrates annuelle de 3.8 mg/l) et le point utilisé pour la simulation est situé en zone agricole (moyenne nitrates de 16.4 mg/l soit près de 5 fois supérieure). **Ce genre de cas illustre bien l'intérêt de disposer de mesures locales pour évaluer sans de trop grosses erreurs les apports par les cours d'eau.** Cela illustre aussi **l'intérêt d'expertise locale pour valider les choix, pour chaque exutoire, des stations de référence de débit et qualité de l'eau** qu'il convient de faire. En cas d'absence de données et d'estimation par extrapolation, pour éviter de grosses incertitudes, il convient en effet, de bien choisir les stations de référence pour chaque exutoire, sur la base de critères reprenant les caractéristiques agricoles (taux de SAU, type de culture et d'élevage), les taux de zones humides, les tailles de bassin versant voire la géologie (qui explique la répartition des débits).....

A partir de ces valeurs, l'estimation de l'erreur globale (Tableau 11), est obtenue par la somme de l'erreur relative liée à l'extrapolation des débits et concentrations (écart-type + valeur absolue du biais) et de l'erreur relative sur le calcul à la station-débit de référence (données Tableau 10 et Tableau 8).

Tableau 11 : Estimation d'erreur pour les différents paramètres pour les rivières sans information de débit et de qualité

Erreur totale (annuel)						
Cas	Débits	NO3	NH4	Ntk	PO4	Pt
1-a	20%	35%	51%	46%	52%	105%
1-b	20%	56%	128%	65%	107%	49%
2-a	16%	79%	100%	87%	125%	85%
2-b	16%	400%	104%	71%	66%	62%
3-a	19%	55%	108%	80%	325%	211%
3-b	19%	87%	277%	101%	100%	86%
4-a	22%	72%	71%	72%	97%	88%
4-b	22%	71%	283%	98%	170%	165%

erreur totale (mai-septembre)						
Cas	Débits	NO3	NH4	Ntk	PO4	Pt
1-a	28%	42%	220%	57%	61%	96%
1-b	28%	63%	281%	82%	126%	69%
2-a	63%	89%	147%	75%	136%	85%
2-b	63%	1081%	402%	105%	215%	97%
3-a	67%	84%	547%	168%	360%	288%
3-b	67%	236%	456%	192%	95%	122%
4-a	46%	96%	125%	104%	122%	108%
4-b	46%	96%	690%	105%	250%	185%

✓ Cours d'eau avec mesures de qualité des eaux mais pas de mesure de débit

Sur les bases précédentes pour ce type de cours d'eau l'erreur sur les débits et flux est estimée en sommant l'erreur relative sur le débit (paragraphe ci-dessus) et l'erreur sur la mesure de qualité des eaux définies au paragraphe Cours d'eau avec mesures limnimétriques et de qualité des eaux



✓ Synthèse

Le tableau suivant récapitule les niveaux d'erreurs **min-max** qui peuvent être attendus, d'après les quelques cas de références considérés ci-dessus, en fonction du niveau d'informations disponibles. Une étude complète ciblée sur ce thème, en multipliant les cas de figure permettrait d'appréhender de manière plus fine les incertitudes sur l'ensemble de la zone d'étude.

Tableau 12 : Pourcentage d'erreur pour les paramètres selon le niveau d'informations disponibles

Qualité informations	Débits	NO3	NH4	Ntk	PO4	Pt
Valeurs annuelles						
Sans donnée (a)	16-22%	35-79%	51-108%	46-87%	52-325%	85-211%
Sans donnée (b)*	16-22%	56-400%	104-283%	65-101%	66-170%	49-165%
Avec donnée QE	16-22%	26-67%	26-67%	36-47%	26-67%	26-67%
Avec données QE & débits		10-45%	10-45%	20-45%	10-45%	10-45%
Valeurs période productive						
Sans donnée (a)	28-67%	42-96%	125-547%	57-168%	61-360%	85-288%
sans donnée (b)	28-67%	63-1081%	281-690%	82-192%	95-250%	69-185%
Avec donnée QE	28-67%	38-112%	38-112%	48-112%	38-112%	38-112%
Avec données QE & débits		10-45%	10-45%	20-45%	10-45%	10-45%

* cas (b) donnés pour mémoire, mais a priori jamais rencontré dans l'étude qui ne considère pas « à l'aveugle » les stations de qualité de référence et pas les stations les plus éloignées.

Complément :

Pour approcher l'importance de ces incertitudes sur le flux total de l'année, les incertitudes liées à la disponibilité de données sur chaque exutoire ont été appliquées à l'ensemble des exutoires (sans prendre en compte les Step). Cela revient donc à utiliser les incertitudes évaluées dans les quelques cas tests à l'ensemble des exutoires. Une étude plus précise de ces niveaux d'incertitudes prenant en compte plus de cas de figures serait envisageable mais mobiliserait des moyens importants non prévus dans la présente étude. De plus, les résultats qui pourraient sortir d'une telle étude ne seraient pas directement opérationnels, étant entendu que pour améliorer encore les calculs de flux, l'effort devrait en priorité porter sur la collecte de données locales de qualité de l'eau des cours d'eau.

A partir de la synthèse des cas reportée dans le Tableau 12, et en ne considérant, pour les cours d'eau sans donnée propre que les cas a (cas b a priori jamais rencontré dans le cadre de la présente étude : stations de référence plus éloignée et dans un contexte différent), est proposé le

Tableau 13 qui présente les niveaux d'incertitudes minimum et maximum que l'on considère pour l'ensemble de la zone d'étude en fonction des données disponibles sur les cours d'eau. A noter que la Loire et la Vilaine dont les contributions en flux sont fortes et dont l'incertitude sur les flux annuels et saisonniers a été calculée par ailleurs (mission MB4) ont été traités à part et que les valeurs d'incertitude propres à ces deux fleuves ont été conservées.

Chaque cours d'eau est alors caractérisé selon les informations qui y sont disponibles : Loire, Vilaine, cours d'eau avec mesure de débit et qualité, cours d'eau avec mesure de qualité mais pas de débit et enfin, cours d'eau sans aucune mesure propre. Le

Tableau 13 est utilisé pour évaluer l'incertitude attendue pour chaque exutoire en fonction de son statut.



Tableau 13 : Récapitulatif des incertitudes minimum et maximum par niveau de données disponibles pour l'évaluation de l'incertitude sur les flux à l'échelle de l'ensemble de la zone

Qualité informations	Débits	NO3	NH4	Ntk	PO4	Pt
Valeurs annuelles						
sans donnée (min)	16%	35%	51%	46%	52%	85%
Avec donnée QE (min)	16%	26%	26%	36%	26%	26%
Avec données QE & débits (min)		10%	10%	20%	10%	10%
sans donnée (max)	22%	79%	108%	87%	325%	211%
Avec donnée QE (max)	22%	67%	67%	47%	67%	67%
Avec données QE & débits (max)		45%	45%	45%	45%	45%
Valeurs période productive						
sans donnée (min)	28%	42%	125%	57%	61%	85%
Avec donnée QE (min)	28%	38%	38%	48%	38%	38%
Avec données QE & débits (min)		10%	10%	20%	10%	10%
sans donnée (max)	67%	96%	547%	168%	360%	288%
Avec donnée QE (max)	67%	112%	112%	112%	112%	112%
Avec données QE & débits (max)		45%	45%	45%	45%	45%

A l'échelle annuelle comme saisonnière, l'incertitude sur le flux de nitrates serait de l'ordre de 10 % ce qui est lié à la faible incertitude des flux de la Loire qui dominant la zone d'étude. Les incertitudes sur les autres formes de l'azote seraient au moins de 30 et 40 % (40 % en évaluation de l'incertitude minimale pour le NH4 sur mai – septembre). Mais en valeur maximale l'incertitude sur le NH4 serait de plus de 100 % ce qui est lié à l'évaluation sur les petits contributeurs sans mesures (plus de 500 % d'incertitude maximum, ce qui s'explique très probablement par des situations très variées vis-à-vis des concentrations en NH4 du fait de la présence ou non de Step sur ces petits cours d'eau, comme pour le cas 3a dont l'incertitude était évaluée à 550 %). **Les flux absolus de cette forme de l'azote étant faibles** (cf. partie 4, Figure 42 : forme des apports d'azote et de phosphore à l'échelle de la zone d'étude pour les années 2006 à 2012 pour mai-septembre et sur l'année cela **relativise l'impact de ces incertitudes**.

Les incertitudes sur **les formes du phosphore seraient de l'ordre de 30 % minimum** et atteindraient 70 % dans le cas de l'incertitude maximale pour la forme PO4. Là aussi, la variabilité est probablement liée à la présence ou non de Step sur un cours d'eau donné.



Tableau 14 : Erreur relative minimum et maximum sur le flux total de la zone d'étude

année	erreur relative	NO3	NH4	Ntk	PO4	Pt
	min	9%	29%	28%	28%	30%
max	17%	52%	35%	71%	50%	
période productive	erreur relative	NO3	NH4	Ntk	PO4	Pt
	min	9%	40%	27%	27%	27%
	max	17%	118%	36%	52%	41%

Ces résultats globaux permettent de montrer l'impact, à l'échelle de la zone d'étude, finalement assez limité des incertitudes sur l'évaluation des flux des plus petits contributeurs, moins bien suivis. Cependant, en fonction des résultats que pourraient donner la modélisation des proliférations en termes de contributions de certains petits apports sur une zone d'échouage particulière, un approfondissement de ces évaluations de flux pourrait être nécessaire afin de valider leur poids réel dans les proliférations (avec éventuellement simulation des flux de ces sources augmentés de la marge d'incertitude si un apport était déterminé comme relativement important localement).

3.3.3. Cas particulier du calcul de flux d'azote organique, phosphore détritique et adsorbé, silicates de certains exutoires

Certains cours d'eau ne présentant pas de mesure pour ces différents constituants, les flux ont dû être estimés par d'autres méthodes que celles présentées ci-dessus.

3.3.3.1. Silicates :

Une fois la méthode générale de calcul des flux (cf. ci-dessus) mise en œuvre, seuls 59 des 225 exutoires de type cours d'eau présentaient des valeurs de concentration et flux de silicates. Afin de disposer d'une valeur de flux pour chaque exutoire et considérant que les apports ne dépendent pas ou peu des activités anthropiques, la moyenne des valeurs des exutoires présentant des valeurs a été calculée et appliquée aux exutoires sans valeur. Cette moyenne s'établit à 169.18 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. La synthèse de ces valeurs par exutoire est proposée dans le rapport MB2 dans les tableaux 5 et 6.

3.3.3.2. Phosphore total, particulaire et adsorbé :

Le paragraphe 2.2.1.3. présente les formes des éléments phosphorés considérées dans le modèle. En plus de la forme phosphate minérale (P-PO_4^{3-}) classiquement mesurée dans les cours d'eau, le modèle considère la forme adsorbée et la forme détritique du phosphore. Ces deux dernières formes n'étant généralement pas mesurées, afin de ne pas les occulter, il convient de chercher à les approcher.

✓ Estuaires de la Loire, de la Vilaine, de la Sèvre-Niortaise et du Lay

Pour ces quatre grands estuaires, les formes particulières du phosphore peuvent représenter après minéralisation une part importante dans le bilan global des apports en sels nutritifs apportés au milieu. Ces estuaires ont, par conséquent, fait l'objet d'une attention



particulière dans la constitution des séries de forçage. La fréquence des mesures de la forme phosphore dissous étant moins élevée que celle du phosphore total et les variations de ces deux paramètres étant fortement dépendantes du débit, il a été jugé préférable de déduire la valeur du phosphore dissous à partir des valeurs de phosphore total. Sur la base du schéma de principe exposé en Figure 28 et à partir des mesures disponibles en phosphore total, des séries en phosphore dissous, phosphore particulaire et phosphore adsorbé ont été créées. Une loi linéaire a été utilisée permettant de déduire les valeurs en phosphore dissous à partir des mesures en phosphore total. La pente de la loi linéaire a été obtenue en ajustant la série en phosphore dissous déduite à partir du phosphore total, aux mesures disponibles en phosphore dissous. Le Tableau 15 décrit la valeur « K » de la pente qui varie d'un estuaire à l'autre tout en restant dans des gammes de valeurs proches.

Le phosphore particulaire a été déduit par soustraction au phosphore total de la partie dissoute déduite de l'étape précédente. A partir de ces valeurs en phosphore particulaire et sur la base des estimations établies par Aminot (1993)², la série de phosphore adsorbé a pu être créée en estimant d'abord la fraction inorganique du phosphore particulaire puis la fraction non apatitique du phosphore particulaire inorganique. La Figure 28 : Schéma de principe de la répartition du phosphore total en phosphore dissous et phosphore particulaire et phosphore adsorbé (les cases en rouge représentent les variables utilisées en entrée du modèle) décrit le schéma de principe qui permet de déduire les différentes formes du phosphore à partir du phosphore total. Les règles de calcul utilisées ont été les suivantes : le phosphore inorganique représente 60 % du phosphore particulaire. La fraction non apatitique du phosphore représente 34 % du phosphore particulaire inorganique et dans cette fraction non apatitique, le phosphore adsorbé en représente 20 %.

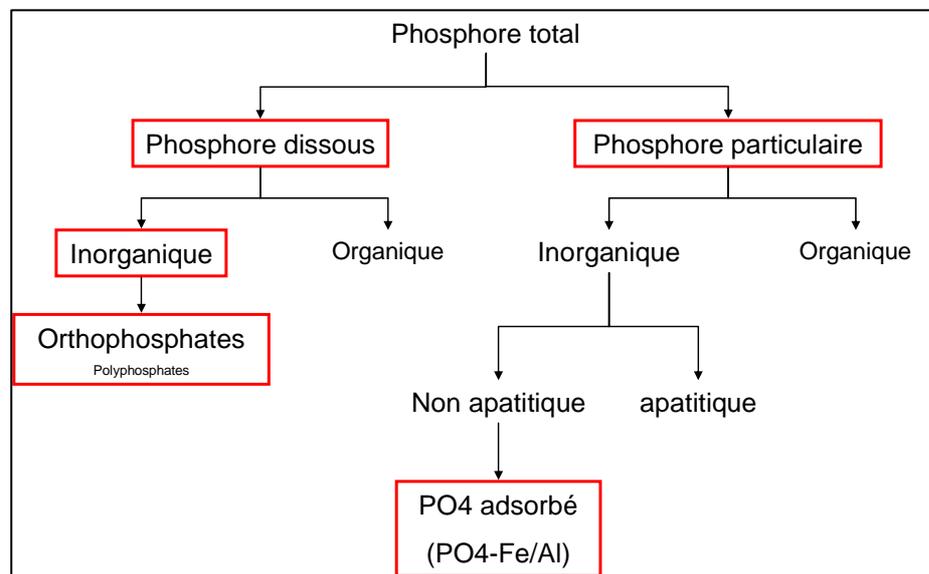


Figure 28 : Schéma de principe de la répartition du phosphore total en phosphore dissous et phosphore particulaire et phosphore adsorbé (les cases en rouge représentent les variables utilisées en entrée du modèle)

² Complétées par le dire d'expert de F. Andrieux (Ifremer)



Tableau 15 : Synthèse de la valeur K de la loi linéaire permettant de déduire le phosphore dissous à partir des mesures en phosphore total pour les estuaires de la Loire, de la Vilaine, de la Sèvre Niortaise et du Lay (valeurs ajustées sur les années 2009 à 2012 inclus)

Estuaire considéré	Valeur de K (adimensionnel): $PO_4(\text{dissous})=K*P_{\text{Total}}$
Loire	0.45
Vilaine	0.45
Sèvre Niortaise	0.5 du 01/01/2009 au 07/12/2011 0.1 après
Lay	0.35 du 01/01/2009 au 27/11/2011 0.1 ensuite

Le Tableau 16 indique les valeurs moyennes des concentrations en phosphore dissous, particulaire et adsorbé déduites à partir des mesures en phosphore total. L'ensemble des étapes décrites ci-avant permettant de déduire en moyenne pour les estuaires de la Loire, de la Vilaine et de la Sèvre Niortaise que le phosphore dissous représente 45 % du phosphore total, 50 % pour le phosphore particulaire et 5 % pour le phosphore adsorbé (moyenne établie de 2009 à 2012). L'estuaire du Lay diffère quelque peu des trois autres estuaires avec 35 % du phosphore total sous forme de phosphore dissous, 59 % de phosphore particulaire et 6 % de phosphore adsorbé.

Tableau 16 : Synthèse de la valeur moyenne estimée de 2009 à 2012 des séries reconstituées en phosphore dissous, phosphore particulaire (inorganique + organique) et phosphore adsorbé sur les estuaires de la Loire, de la Vilaine, de la Sèvre Niortaise et du Lay

Estuaire considéré	Moyenne 2009-2012 ($\mu\text{mol.l}^{-1}$)		
	PO_4 dissous	P particulaire	P adsorbé
Loire*	1.03	1.15	0.115
Vilaine	1.24	1.38	0.138
Sèvre Niortaise	1.04	1.05	0.105
Lay	1.08	2.06	0.206

* Série constituée en phosphore dissous non retenue après calibration et utilisation de la série déduite de la corrélation entre les données de mesures à Montjean et St Nazaire (cf. détails dans la mission MB 4)

✓ Série en phosphore dissous pour l'estuaire de la Loire

L'étape de calibration/validation (mission MB2) a montré que la série en phosphore dissous constituée pour la Loire sur la base des mesures à Montjean (cf. ci-dessus) amenait à une nette sous-estimation des teneurs simulées par rapport à celles mesurées aux stations de Cordemais et Paimboeuf positionnées en aval de l'estuaire de la Loire. Cela s'explique par les phénomènes de relargage de phosphore au sein de l'estuaire (bouchon vaseux). Ce phénomène ne pouvant être représenté par le modèle utilisé, il est primordial de redresser les séries afin que les apports au milieu marin s'ajustent au mieux aux mesures à l'aval de l'estuaire. La série en phosphore dissous (cf.

Figure 29), finalement utilisée dans cette étude, repose sur la loi de régression linéaire entre les données mesurées à Montjean et celles mesurées à St Nazaire telles que décrites dans la mission MB4.



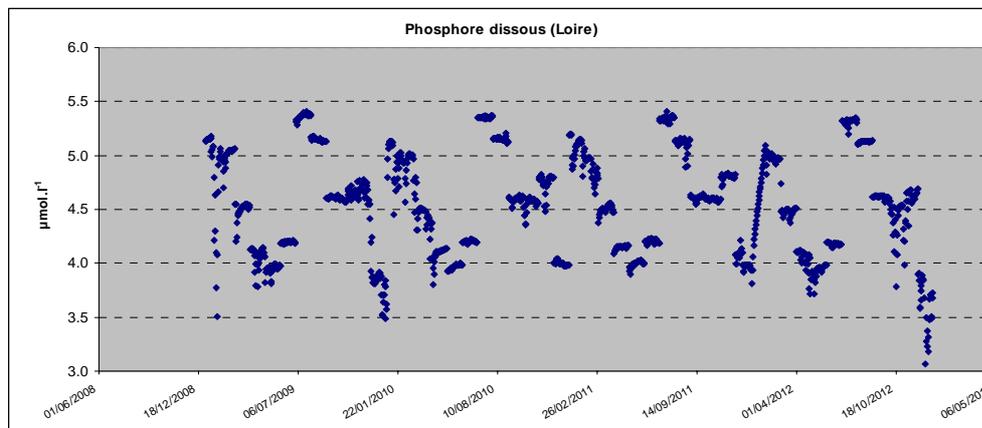


Figure 29 : Série de forçage en phosphore dissous pour l'estuaire de la Loire déduite de la régression linéaire entre les mesures disponibles à Montjean et St Nazaire

✓ Autres exutoires de type cours d'eau

Parmi les 46 stations de références, 19 stations ont été conservées bien que sans valeur de phosphore total (annexe 4 : tableau des paramètres pour les 46 stations référence). Cet élément représente un apport, non directement assimilable, mais rapidement minéralisable qu'il convient de ne pas occulter. Il ne semblait pas pertinent de supprimer ces 19 stations du fait de l'absence de données sur le phosphore (dégraderait l'évaluation des autres constituants, notamment azotés) et il a alors été choisi de déduire les concentrations puis flux en utilisant une autre méthode. Aussi les stations présentant des mesures de phosphore total et de $P-PO_4^{3-}$ ont-elles été exploitées pour rechercher, à partir de la mesure de $P-PO_4^{3-}$ s'il était possible d'approcher la valeur de P total.

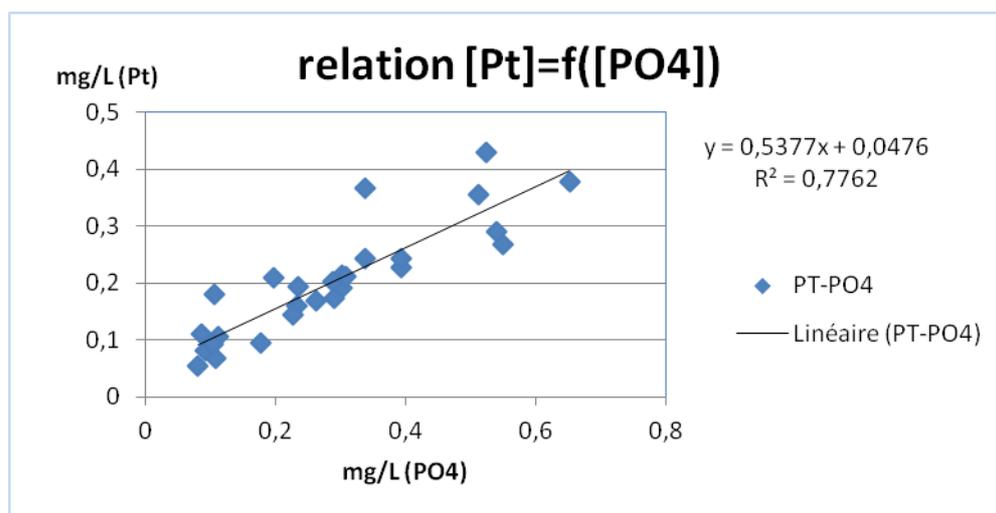


Figure 30 : Relation Pt/PO4 (cours d'eau)

La relation entre ces deux éléments étant bonne, l'équation résultant de la régression linéaire ($P \text{ total} = 0.5377 P-PO_4^{3-} + 0.0476$) a été utilisée pour calculer les concentrations (puis flux) de P total aux exutoires ne disposant pas de mesure.



Pour ces cours d'eau le P particulaire a été calculé sur la base de $P \text{ particulaire} = P \text{ total} - P\text{-}PO_4^{3-}$ (la phase P adsorbé n'étant dans le cas de ces cours d'eau pas distinguée du P particulaire).

A noter que pour la station « 4136910 », il n'y a aucune donnée en 2009. Afin d'éviter d'avoir des valeurs nulles pour cette station pour 2009 il a été choisi de prendre les données de 2010 (10 dans l'année) et de les appliquer à 2009.

3.3.3.3. Azote organique, azote détritique :

Une des variables d'état du modèle est la forme détritique de l'azote. Cette forme peut être approchée en considérant la part organique de l'azote. Cette part organique elle-même peut être calculée comme étant : $N \text{ organique} = N \text{ kjeldahl} - N\text{-}NH_4$. Comme pour le cas du phosphore, 19 stations de référence ne présentent aucune valeur de Nk. Afin de ne pas considérer cette forme comme nulle la relation entre N-NH₄ et Nk a été recherchée pour approcher cette forme (Figure 31). Bien que moins satisfaisante que dans le cas du phosphore, cette relation a été utilisée pour déterminer, pour les stations ne disposant pas de valeur de Nk, une valeur à partir de la mesure en NH₄.

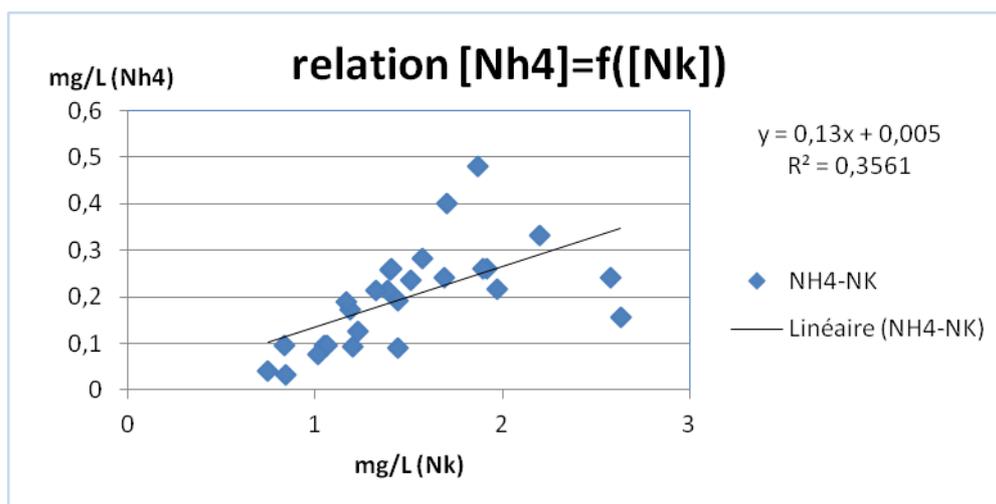


Figure 31 : Relation Nh4/Nk (cours d'eau)

Tous les exutoires disposent alors d'une valeur journalière de Nk et de NH₄ ; le calcul Nk-N-NH₄ permet alors de déterminer pour chaque exutoire une valeur d'azote organique.

A noter que pour la station « 4136910 », il n'y a aucune donnée en 2009. Afin d'éviter d'avoir des valeurs nulles pour cette station pour 2009 il a été choisi de prendre les données de 2010 (10 dans l'année) et de les appliquer à 2009.

Comme précisé en 2.2.1.1 pour la Gironde et la Charente, les lois dégagées par Ifremer sur la base de l'étude Guillaud (2008) ont été utilisées pour la constitution des séries en nitrate, ammonium, phosphore dissous, silicate, matière en suspension, phosphore particulaire, phosphore adsorbé et azote organique.



  <small>Liberté • Égalité • Fraternité</small> <small>REPUBLIQUE FRANÇAISE</small> <small>PRÉFET</small> <small>DE LA RÉGION</small> <small>PAYS DE LA LOIRE</small>	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	62/75

3.3.4. Méthode retenue pour le calcul des apports journaliers par les STEP

Le paragraphe 3.1.4. présente les données qui ont pu être récupérées auprès de l'AELB et des DREAL pour quantifier les flux des Step domestiques et industrielles.

3.3.4.1. Calcul du flux journalier

Le paragraphe 3.1.1 présente les exutoires de STEP qui sont pris en compte dans l'étude (rejet directs ou en aval de points de mesure de qualité de l'eau et dans la bande de 5 km du littoral) ; les autres STEP étant intégrées au travers de la qualité de l'eau du cours d'eau sur laquelle elles se trouvent.

Certaines Step (les plus importantes) disposent de données d'autocontrôle dont la fréquence de données aurait probablement permis un calcul fiable des flux vers le milieu. L'analyse de ces données de mesures d'autocontrôle (concentration/débit) a révélé, sur une majeure partie des Step, un manque de données important et des valeurs « aberrantes ». Par ailleurs, ces données ne sont disponibles que pour une partie des Step (les plus de 2 000 EH), qu'à partir de 2009 et leur fréquence est faible (de 2 à 12 par an). Des calculs de flux journaliers et annuels à partir de telles valeurs ne semblent pas possible avec nos méthodes (type interpolation). Suite à l'avis de l'AELB, entériné par la DREAL, il a été décidé de partir des données de flux annuel calculés par l'AELB pour évaluer le flux journalier. Afin de tenir compte de la saisonnalité des apports de certaines des stations, notamment sur le littoral, sur suggestion de l'AELB, le flux annuel est pondéré par le débit journalier de la station selon la formule :

$$\text{Flux } j = \text{Flux (annuel)} * [\text{débit } j / \text{débit (annuel)}]$$

Pour les Step ne disposant pas de débits pour chaque jour, les débits manquants ont été obtenus par interpolation linéaire.

A noter le cas particulier des Step rejetant en sous-sol (Saint-Jean de Monts et Notre Dame de Monts). Le fonctionnement des nappes locales et le point d'arrivée dans le domaine marin n'étant pas connu, il a été choisi, sur avis du comité de pilotage, de considérer un rejet « direct » en mer, sans considérer d'abattement et au point du trait de côte le plus proche de la station. En l'absence de connaissance des temps de transfert vers le littoral, le flux annuel a été divisé par 365 ce qui revient à considérer un flux uniforme sur l'année. L'absence d'abattement sur les flux tend à maximiser ces apports, mais le fait de ne pas considérer de saisonnalité atténuée probablement l'impact de ces stations.

3.3.4.2. Cas particulier de données manquantes

✓ Années manquantes :

En cas d'année manquante (autre que 2012) pour une Step (cf. annexe 3) c'est la moyenne des années disponibles qui a été utilisée pour combler la série.

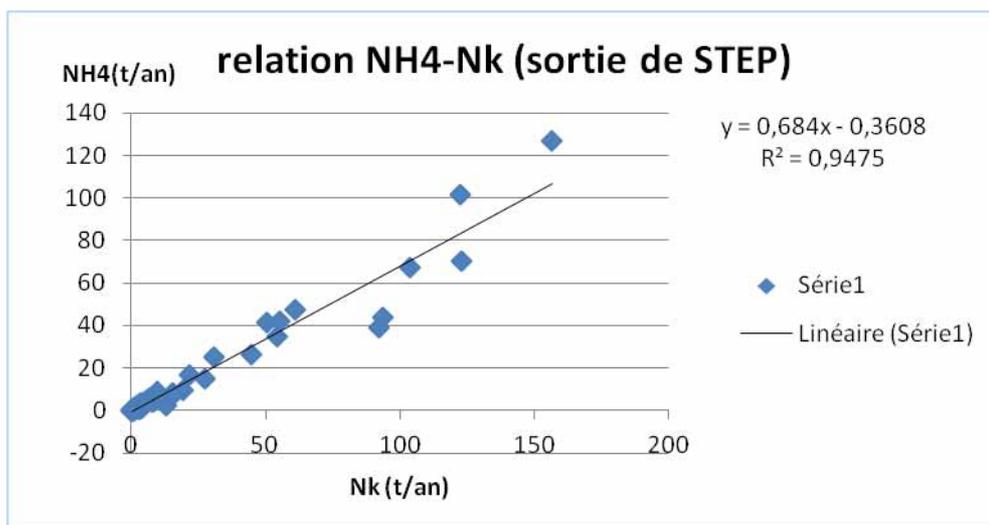
Les données de 2012 n'étant pas disponible pour l'étude, le choix a été fait de dupliquer l'année 2011 sur 2012 plutôt que de prendre la moyenne des années disponibles. Cela permet de prendre en compte des évolutions récentes (antérieures à début 2011) dans le fonctionnement des Step.



✓ paramètres manquants :

Pour la plupart des Step les flux de PO₄ sont manquants. La valeur de P-PO₄ a été calculée d'après la formule $P-PO_4 = 0.8 * P \text{ total}$ (source IRSTEA, Pascale Molle). Le phosphore particulaire est ensuite déduit : $P \text{ particulaire} = P_{\text{total}} - P-PO_4$.

De la même manière, l'azote Kjeldahl est mesuré en sortie de la plupart des Step alors que le NH₄ l'est plus rarement. La relation pour les Step disposant de mesures de ces deux paramètres (32) a été exploitée pour déduire sur les stations ne disposant que d'un des deux paramètres, le paramètre manquant.



32 : Relation NH4-Nk (sortie de STEP)

L'azote organique peut alors être calculé par la formule : $N \text{ organique} = N_k - N-NH_4$.

3.3.4.3. Evaluation des incertitudes sur le calcul des flux

L'AELB, qui effectue les calculs de flux annuel en sortie de Step, déconseille d'exploiter les valeurs d'autocontrôle pour calculer les flux journaliers. Les méthodes développées par l'AELB pour estimer le flux annuel reposent sur ces données d'autocontrôle qui sont traitées par un système « expert » (« Algorithme du système d'information prévu pour traiter plusieurs millions de données brutes et des centaines de cas différent »). La précision sur le flux annuel n'a pu être évaluée par l'AELB qui gère ces calculs.

Les calculs réalisés dans le cadre de cette étude consistent, à partir du flux annuel, à déterminer le flux journalier en pondérant le flux annuel par le débit journalier. Il serait possible, sur quelques stations, de comparer les résultats issus de ce calcul aux évaluations par l'autocontrôle. Cela n'a pas été fait notamment en considérant qu'il ne nous est pas possible de valider quelle serait la valeur la plus juste surtout pour les petites stations pour lesquelles les données d'autocontrôle sont très peu fréquentes.



  PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	64/75

4. Résultats

La **détermination de l'influence relative des apports** locaux et des grands fleuves de la zone d'étude sur **les proliférations au niveau de chaque secteur d'échouage** dépend de la dispersion côtière des différents apports. Cette détermination fait l'objet de la modélisation écologique à partir des données de flux proposées par le présent rapport. **Les données présentées ici sont les bilans des apports côtiers et ne doivent pas être confondues avec les contributions de chaque source à la prolifération côtière.** Ce chapitre a pour but, à l'échelle de la zone d'étude, d'évaluer les parts respectives des apports de la Loire, de la Vilaine, des cours d'eau côtiers, et enfin des stations de traitements des eaux usées industrielles ou urbaines rejetant dans la zone littorale (et uniquement celles là : rejet direct ou bande côtière de 5 km et en aval des stations de mesure de la qualité de l'eau). Cette analyse est proposée, d'une part d'un point de vue géographique en comparant les apports de la Loire, les apports directs à l'estuaire de la Loire (portion entre Montjean et Saint Nazaire), les apports de la Vilaine et ceux du reste de la zone d'étude, et d'autre part par type de source : grands fleuves, cours d'eau côtiers, STEP.

4.1. Apports par secteurs géographiques

4.1.1. Bilan des apports par secteur géographiques

Sont distingués dans les figures suivantes les apports de la zone comprise entre Quiberon et le sud de La Rochelle :

- la Loire : apports en amont de Montjean
- l'estuaire de la Loire : apports des affluents en aval de Montjean et Step de la bande côtière de l'estuaire (rejet direct à l'estuaire ou sur des cours d'eau affluents et en aval de station de qualité de l'eau et dans la bande de 5 km du littoral de l'estuaire de Saint Nazaire à Montjean)
- la Vilaine : évaluation des flux à Rieux
- les autres sources : cours d'eau ou step de la bande côtières côtière (rejet direct ou en aval de station de qualité de l'eau et dans la bande de 5 km du littoral)

4.1.1.1. Sur la période mai septembre

Les mois de mai à septembre inclus sont pris comme période productive de référence pour les ulves afin de s'affranchir de la situation d'avril pour laquelle les flux sont souvent encore très importants et ne peuvent être limitant pour les proliférations macro algales.



✓ Nitrates (Figure 33)

La Loire domine nettement les autres sources avec 80 % des apports (78 % en amont de Montjean et 2 % pour l'estuaire) suivie de la Vilaine (11 %). **La somme Loire plus Vilaine représente donc 91 % des apports de mai à septembre du secteur d'étude.**

Les variations interannuelles sont fortes sur cette période ; les flux sur l'ensemble des sources sont en 2011, plus de 7 fois inférieurs à l'année 2008. Cela s'explique principalement par l'évolution des débits. La Loire notamment a connu un étiage particulièrement long et sévère en 2011 alors que les crues printanières de 2008 sont importantes (débits moyens de 2008 sur mai-septembre 4.5 fois supérieurs à ceux de 2011).

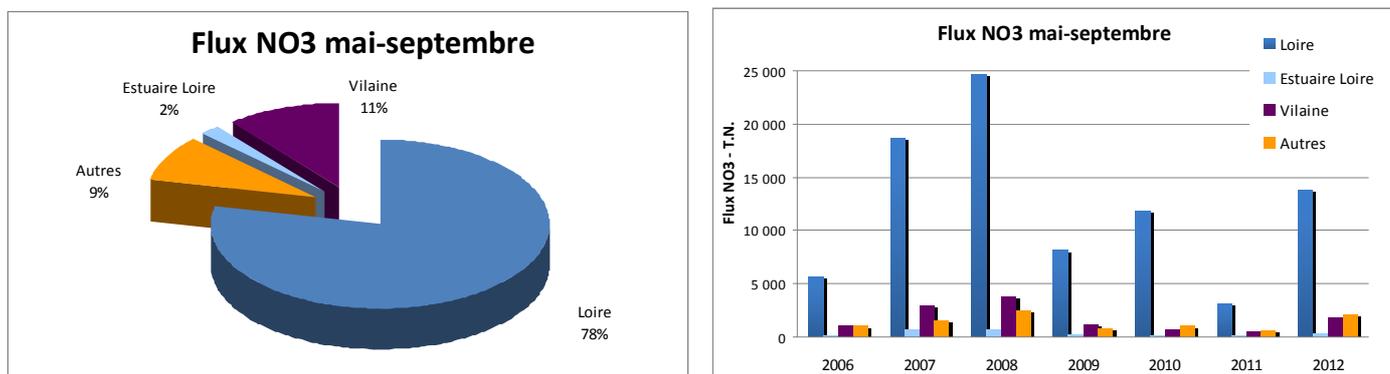


Figure 33 : flux de nitrates de mai à septembre pour les années 2006 à 2012

✓ Ammonium (Figure 34)

Pour l'ammonium, les apports côtiers autres que ceux de l'estuaire de la Loire représentent plus de la moitié de l'ensemble des apports de la zone, suivis de ceux de la Loire (Loire plus estuaire = 43 %). Les variations inter annuelles sont moins importantes que pour les nitrates (facteur 2,4 entre 2007 et 2010) pour l'ensemble des apports **mais** nettement inférieurs, sur la Loire sur les années 2009-2012 que pour les années antérieures (facteur 5,5 et facteur 9 entre 2008 et 2010).

Pour rappel : la précision de détermination de ces flux est moins grande que dans le cas des nitrates (Tableau 13) mais les flux en jeu sont relativement faibles (2 à 3 % des apports d'azote, cf Figure 42 : forme des apports d'azote et de phosphore à l'échelle de la zone d'étude pour les années 2006 à 2012 pour mai-septembre et sur l'année).

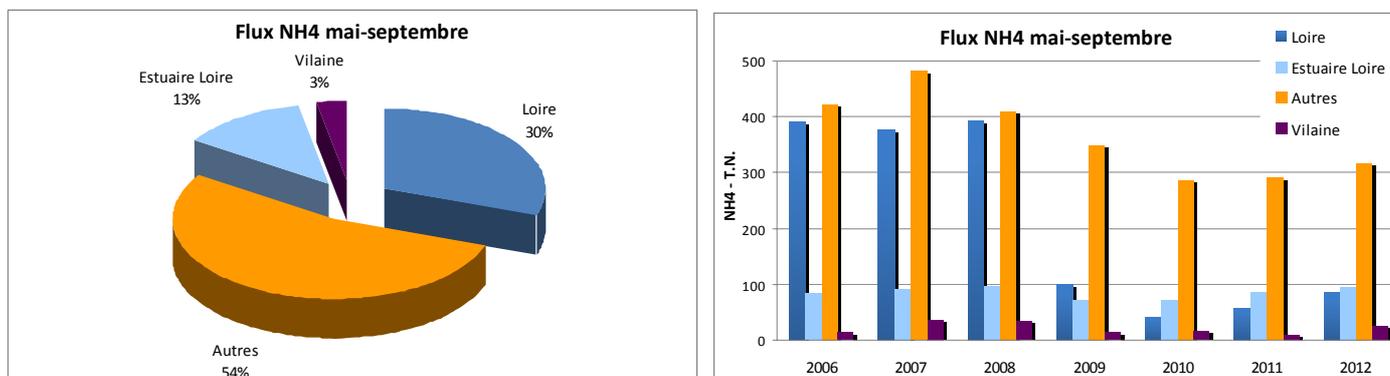


Figure 34 : flux d'ammonium de mai à septembre pour les années 2006 à 2012



Phosphates (Figure 35)

Avec 71 % des apports, la Loire (estuaire inclus) domine les apports à la zone d'étude, suivi des autres sources côtières. Les fluctuations entre années sont fortes sur ce paramètre : facteur 6,3 entre 2011, année de plus faible apport sur mai –septembre et 2007 année de plus fort apport.

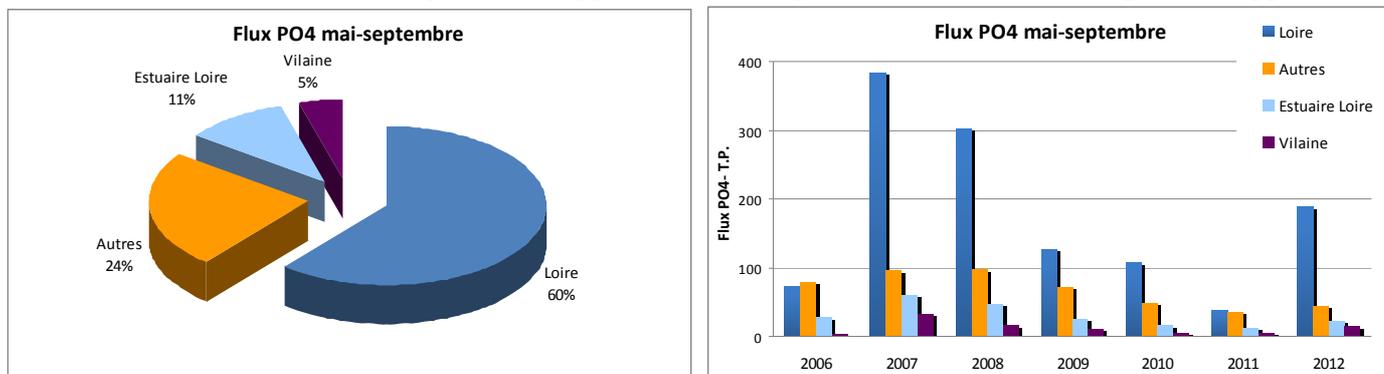


Figure 35 : flux de phosphates de mai à septembre pour les années 2006 à 2012

✓ Gironde-Charente

A noter : les apports de la Charente et de la Gironde ne sont pas inclus dans la présente étude mais inclus dans la modélisation des proliférations côtières. Pour la période mai-septembre les **apports d'azote inorganique dissous (NO₃+NH₄) de la Gironde (Dordogne+Garonne) sont identiques à ceux de l'ensemble de la zone d'étude** présentés ci-dessus (12,0 kT contre 12,1). Ceux de **la Charente sont de près du double de la Vilaine** (1,9 kT contre 1 kT).

Pour les phosphates, les flux de la **Gironde sont très nettement dominants** (près de 5 fois les flux de la Loire et plus de trois fois les flux de l'ensemble de la zone d'étude). **Ceux de la Charente sont 4 fois supérieurs à ceux de la Vilaine.**

4.1.1.2. Sur l'année

✓ Nitrates (Figure 36)

Les apports **annuels calculés sur l'ensemble de la zone d'étude sont en moyenne de 110 000 tonnes d'azote** sous forme de nitrate. A l'échelle annuelle, **la Loire (estuaire inclus) représente 73 % des apports** de la zone, suivie de la Vilaine et des autres sources côtières (niveau très proches). **Les fluctuations interannuelles sont nettement inférieures** à celles calculées sur mai septembre (facteur 2,3 entre 2008 et 2011).



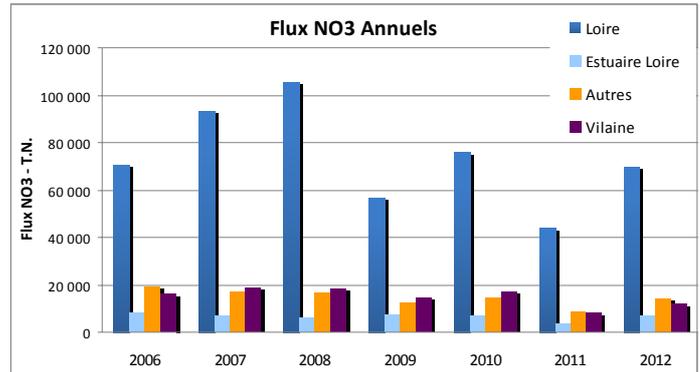
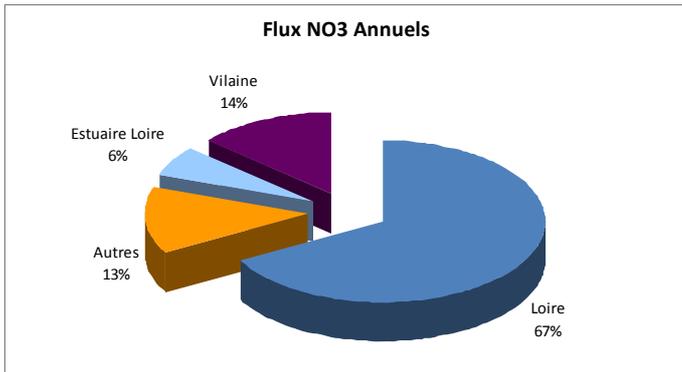


Figure 36 : flux de nitrates annuels sur les années 2006 à 2012

✓ Ammonium (Figure 37)

Sur l'ensemble de l'année, les **flux d'ammonium de la Loire** (estuaire inclus) représentent **plus de la moitié des apports** de la zone d'étude (2 400 T), suivis de l'ensemble sources côtières autres (37 %) alors que la Vilaine ne représente que 6 % des apports totaux. **Les fluctuations entre années sont assez faibles**, proches de celles estimées pour les nitrates avec 2,2 fois plus d'apport en 2008 qu'en 2011.

Pour rappel : la précision de détermination de ces flux est moins grande que dans le cas des nitrates (Tableau 13) mais les flux en jeu sont relativement faibles (2 à 3 % des apports d'azote, cf Figure 42 : forme des apports d'azote et de phosphore à l'échelle de la zone d'étude pour les années 2006 à 2012 pour mai-septembre et sur l'année).

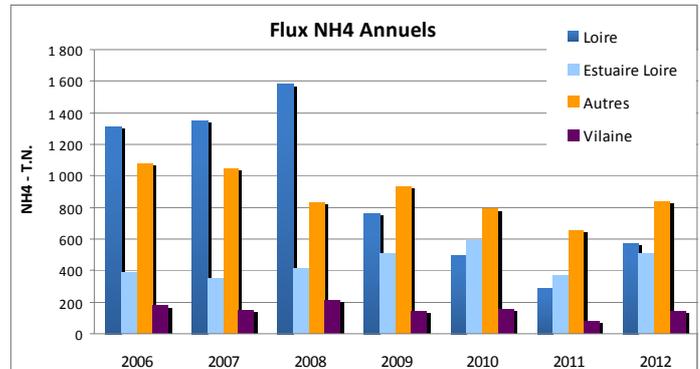
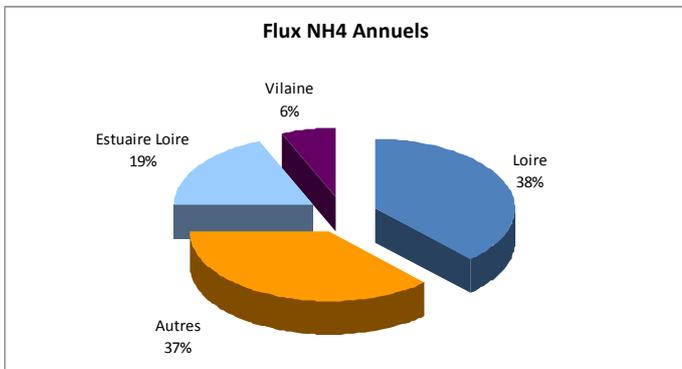


Figure 37 : flux d'ammonium annuels sur les années 2006 à 2012



✓ Phosphates (Figure 38)

Sur l'année, **les flux de la Loire** (estuaire inclus) **représentent 76 % des apports** de l'ensemble de la zone d'étude (1500 T en moyenne), suivis des autres sources côtières. **La Vilaine ne représente que 5 % des apports**. Les fluctuations interannuelles sont relativement peu importantes (facteur 3,5 entre 2007 et 2011)

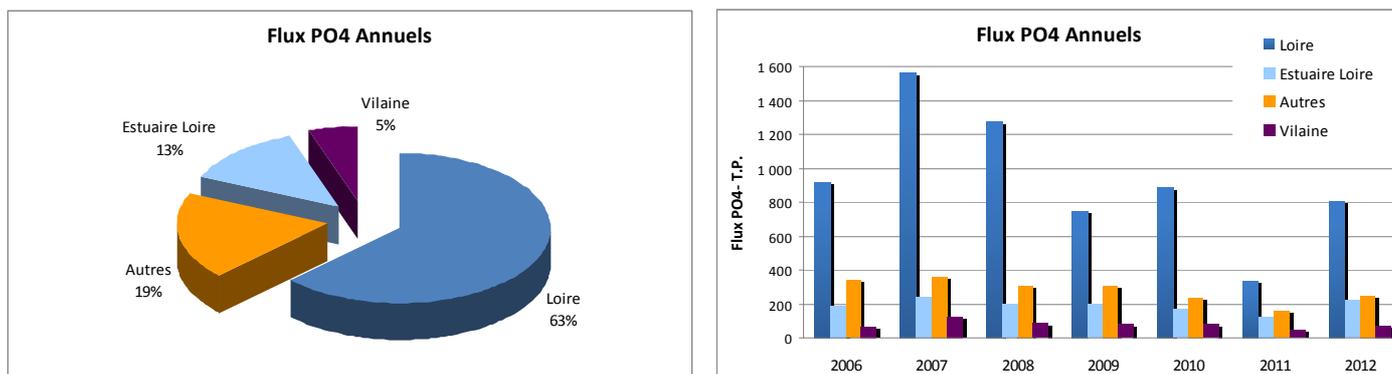


Figure 38 : flux annuels de phosphates sur les années 2006 à 2012

✓ Phosphore total (Figure 39)

Les apports annuels de phosphore pouvant être disponibles sur la période estivale (reminéralisation rapide de cet élément stocké dans le sédiment proche côtier) il est important de suivre également le flux à l'échelle annuelle de cet élément.

Sur l'année, **les flux de la Loire** (estuaire inclus) **représentent 76 % des apports** de l'ensemble de la zone d'étude (3250 T en moyenne), suivis des autres sources côtières. **La Vilaine représente 8 % des apports**. Les fluctuations interannuelles sont peu importantes (facteur 2,4 entre 2007 et 2011).

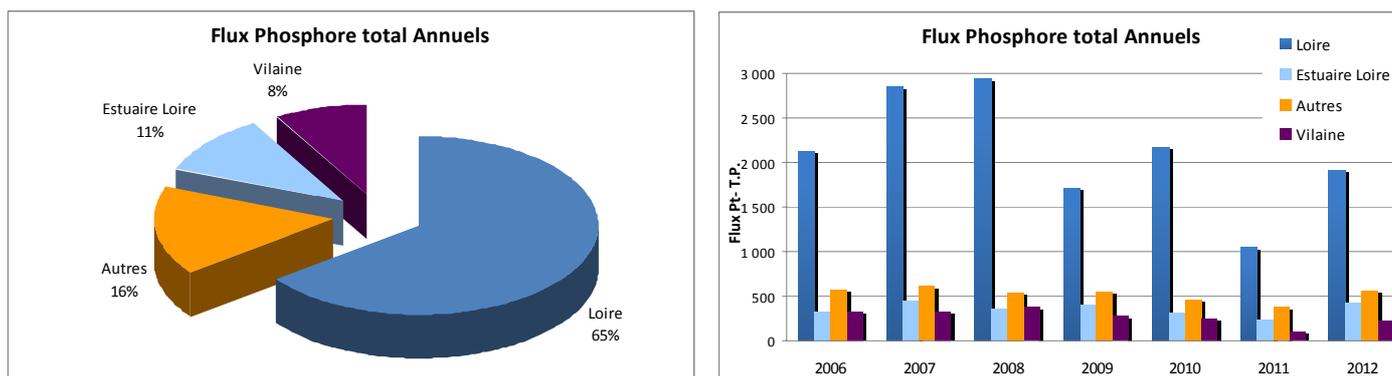


Figure 39 : flux annuels de phosphore sur les années 2006 à 2012



4.1.2. Cartes des flux sur la période mai-septembre

✓ *Flux d'azote inorganique dissous sur mai septembre*

La carte Figure 40 : carte des flux d'azote inorganique dissous sur la période mai-septembre des années 2009 à 2012 présente, pour chaque exutoire, les flux inter-annuels moyens sur la période de mai à septembre inclus. Les flux d'azote inorganiques dissous, formes de l'azote directement utilisables par les macroalgues, ont été établis en sommant les flux de nitrates et d'ammonium (forme nitrite négligée ici). Les Flux de Loire se distinguent nettement sur cette carte, suivis de ceux de la Vilaine, de la Sèvre Niortaise puis de la Sèvre Nantaise.

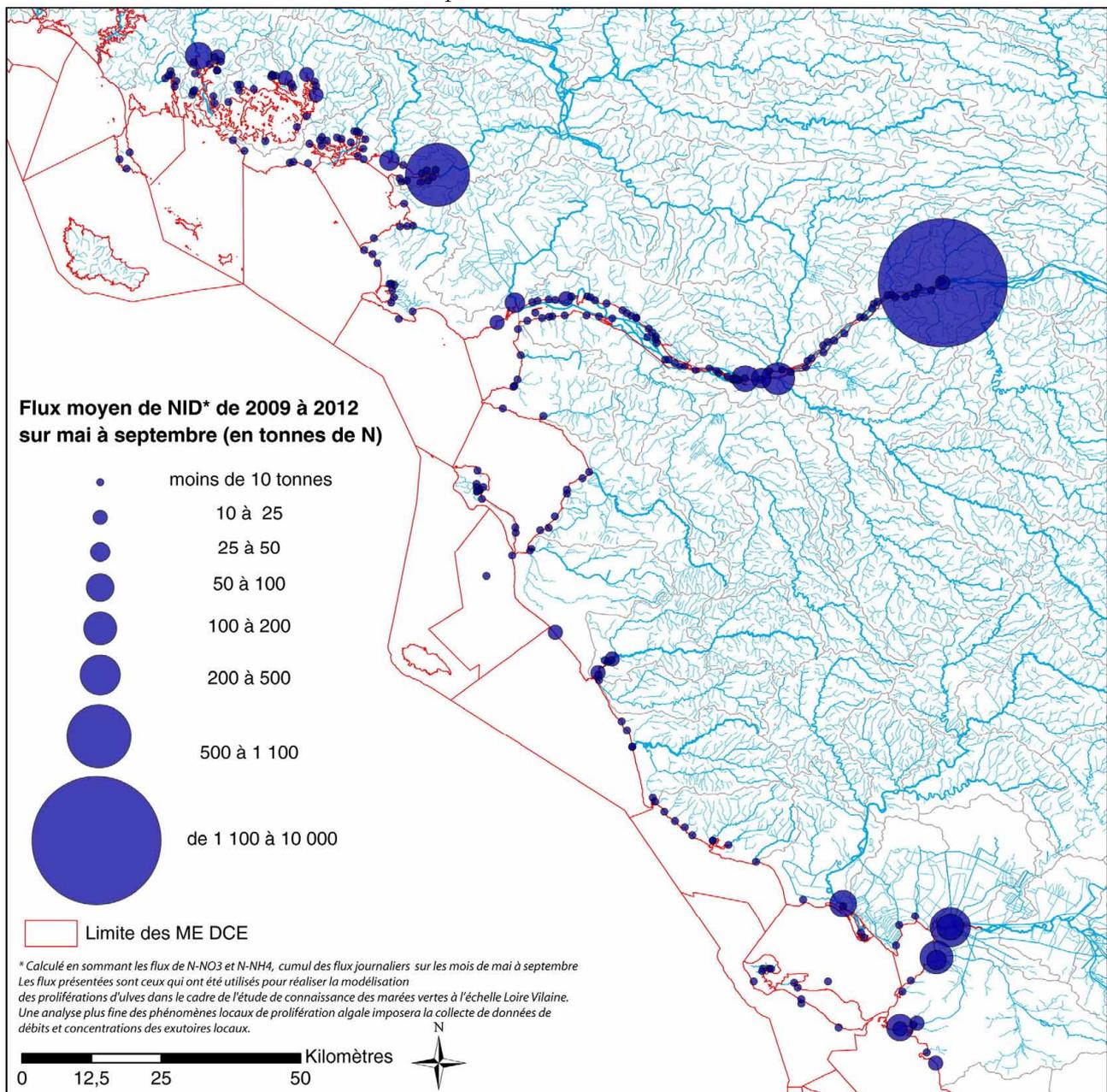


Figure 40 : carte des flux d'azote inorganique dissous sur la période mai-septembre des années 2009 à 2012



✓ Flux de phosphates sur mai septembre

Cette forme de phosphore est directement utilisable par les ulves et globalement proportionnelle aux apports de P total.

Les flux de la Loire (amont de Montjean) sont les plus importants, suivis de la Vilaine, La Sèvre Nantaise puis de la Station d'épuration de l'agglomération nantaise (600 000 EH).

L'annexe 6 présente les concentrations en nutriments retenues pour chaque exutoire pour l'estimation de ces flux.

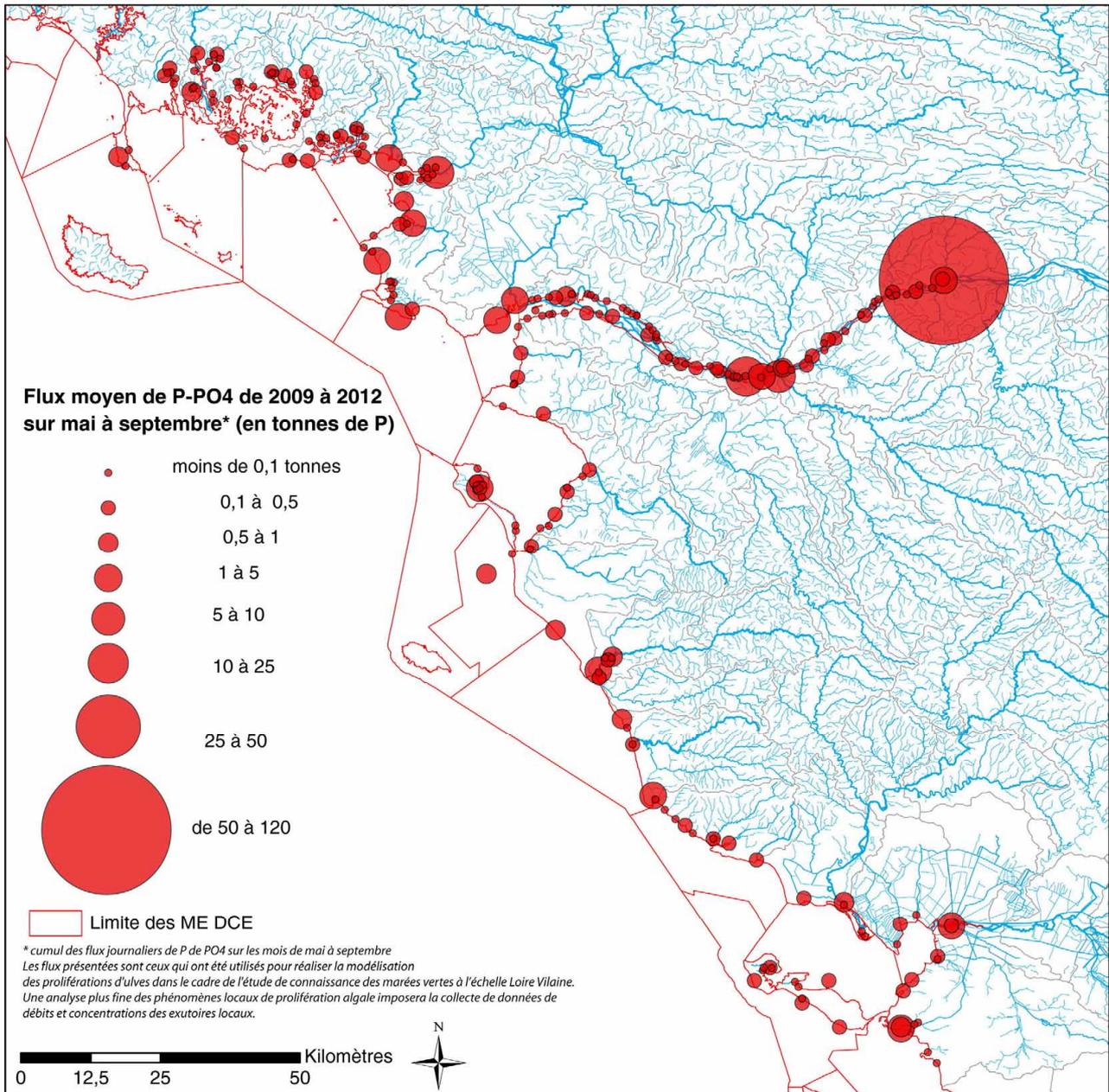


Figure 41 : carte des flux de phosphates sur la période mai-septembre des années 2009 à 2012



4.1.3. Cartes des flux sur les sites d'échouage pour la période mai-septembre

Chacun des sites d'échouage retenus dans le cadre de la présente étude a fait l'objet de fiches comportant notamment les flux d'azote inorganique dissous et de phosphate compilés dans le cadre de la présente mission. Ces fiches font l'objet d'une production indépendante (mission MB5) et n'ont de ce fait pas été reportées ici. Un exemple de fiche est proposé en annexe 7.

4.2. Apports par typologie

4.2.1. Bilan par nutriment

A l'échelle annuelle comme saisonnière, la forme nitrate prédomine très largement avec 78 % sur l'année et 70 % sur les mois de mai à septembre des apports d'azote. L'azote organique arrive en seconde position avec 27 % sur mai septembre et 20 % sur l'année alors que l'ammonium ne représente que 2 à 3 % de l'azote.

Le **phosphate représente sur l'année comme sur mai septembre environ 45 %** des apports à la zone.

En fonction des sources (cours d'eau, step) ces parts s'écartent de la valeur moyenne reportée ci-dessus. L'annexe 5 présente par source les différentes formes d'azote et de phosphore présentes. Ainsi, pour les STEP intégrées à l'étude, l'azote est majoritairement sous forme d'ammonium (57%) et le phosphore majoritairement sous forme de phosphate (67 %).

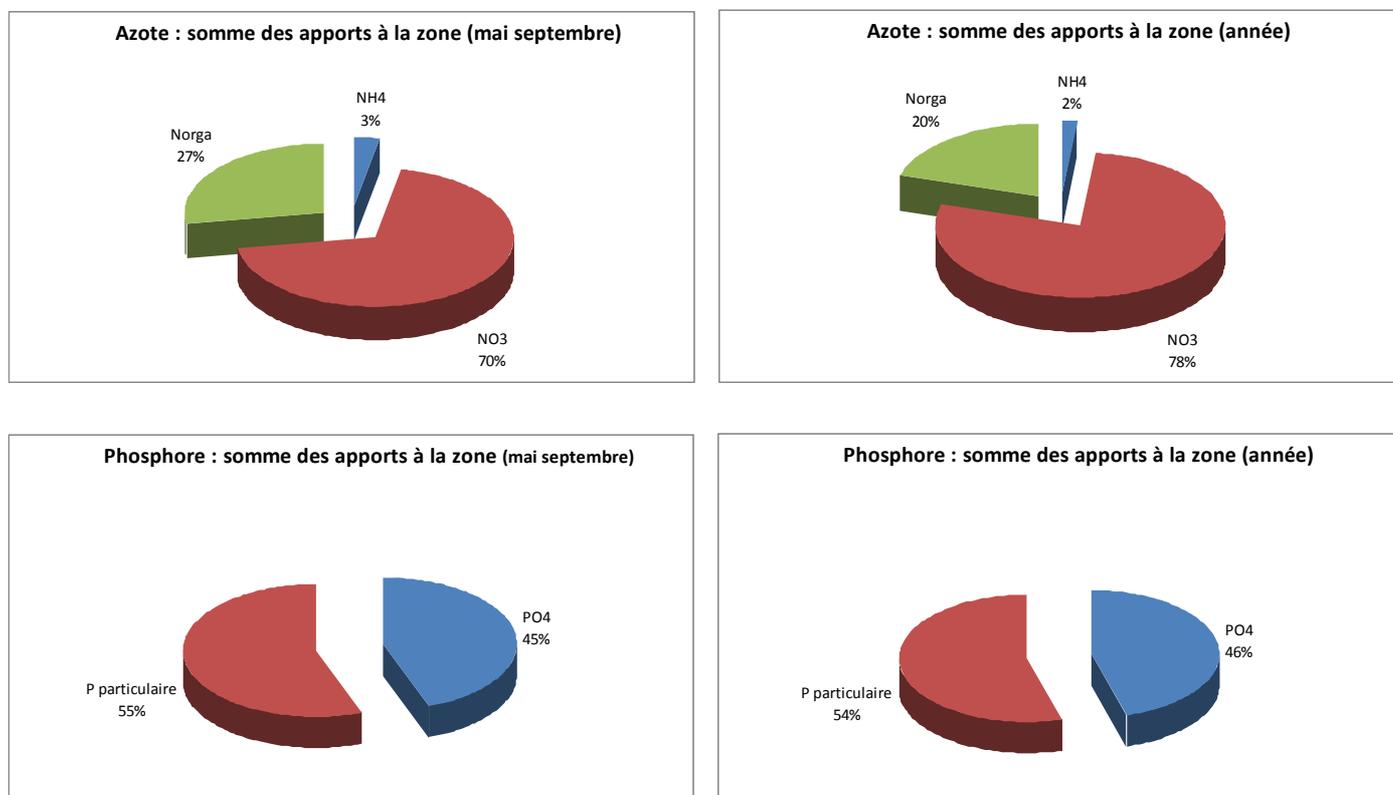


Figure 42 : forme des apports d'azote et de phosphore à l'échelle de la zone d'étude pour les années 2006 à 2012 pour mai-septembre et sur l'année



4.2.2. Bilan cours d'eau vs STEP

Pour rappel : seules les STEP rejetant directement en mer ou se situant dans la bande de 5 km du littoral et en aval des stations de mesure de la qualité de l'eau sont considérées ici. Les apports par les STEP plus en amont peuvent être importants et sont comptabilisés dans les apports des cours d'eau (estimés aux différents points de suivi).

Sur l'ensemble de la zone d'étude, les seules STEP prises en compte (cf. mise en garde ci-dessus) représentent plus de la moitié des flux d'ammonium en mai septembre et 30 % sur l'année (Figure 43).

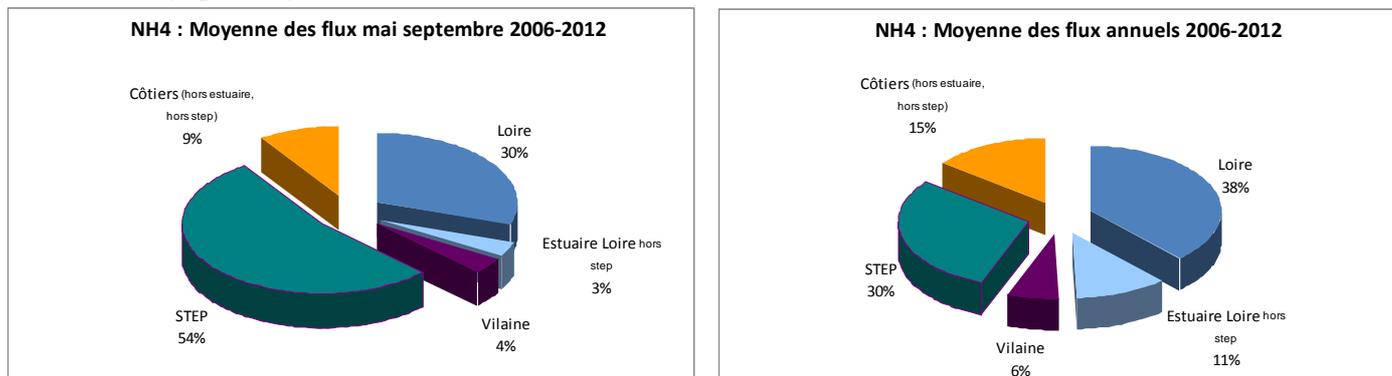


Figure 43 : flux d'ammonium par source pour les années 2006 à 2012 pour mai-septembre et sur l'année

Les flux de nitrates provenant des STEP prises en compte (Figure 44) sont minimes par rapport à l'ensemble des flux de nitrates à la zone d'étude (0,9 % pour l'été et 0,3 % pour l'année). La part d'azote organique est légèrement supérieure pour les STEP considérées : autour de 2 %.

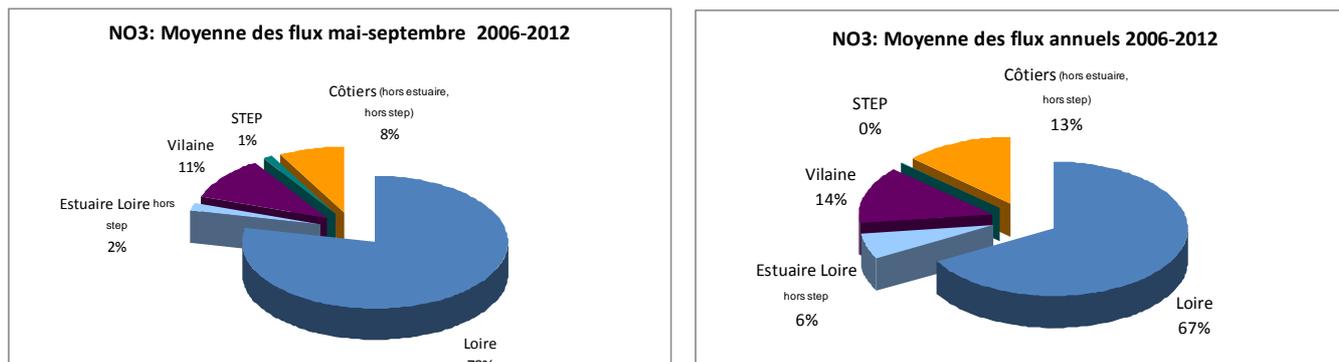


Figure 44 : flux de nitrates par source pour les années 2006 à 2012 pour mai-septembre et sur l'année

Les flux de phosphates provenant des STEP prises en compte (Figure 45) représentent 21 % des apports de l'ensemble de la zone d'étude et 10 % du flux annuel. Pour le phosphore total les part respectives mai septembre et annuelle sont de 14 e et 7 %.



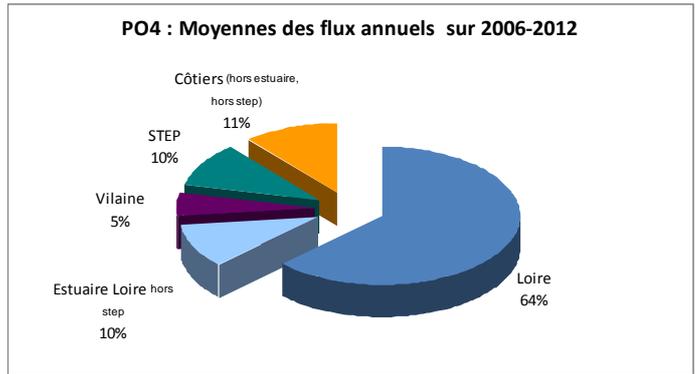
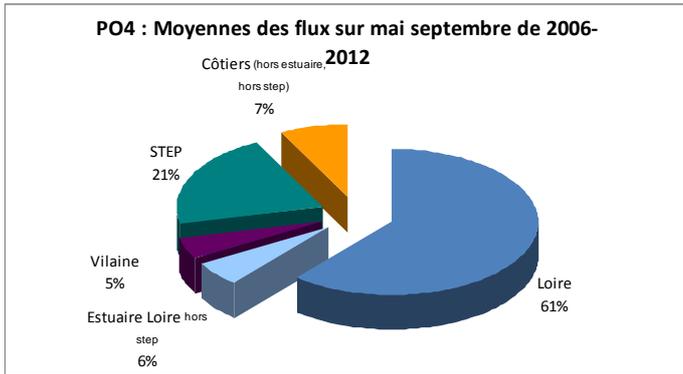


Figure 45 : flux de phosphates par source pour les années 2006 à 2012 pour mai-septembre et sur l'année



  <small>Liberté • Égalité • Fraternité</small> <small>REPUBLIQUE FRANÇAISE</small> <small>PRÉFET</small> <small>DE LA RÉGION</small> <small>PAYS DE LA LOIRE</small>	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	74/75

5. Conclusions

L'objectif de la mission MB 1 et du présent rapport était de constituer des séries de flux de nutriments de l'ensemble de la zone d'étude et d'apprécier la possibilité de les intégrer dans la modélisation écologique.

Les flux collectés répondent aux besoins du modèle écologique pour ce qui est :

- des nutriments à considérer : nitrate, ammonium, azote organique, phosphate, phosphore particulaire et adsorbé, silicates,
- des exutoires à prendre en compte : tous les cours d'eau de la Bd Carthage soit 225 entités et toutes les step identifiées comme rejetant directement en mer ou en aval des points de suivi, ont pu être renseignés quant à leurs flux de nutriments,
- des années à intégrer pour pouvoir calibrer le modèle et l'exploiter sur une année de référence : 2009 et 2012 sont les deux années retenues. Les séries ont été établies de la même manière sur les années 2010 et 2011, années qui sont donc également disponibles pour des opérations de calibration,
- de la résolution temporelle : afin de rendre compte le plus fidèlement possible de la dispersion des sels nutritifs et les possibilités d'absorption par les algues, les flux ont été établis sur un pas de temps journalier,
- des incertitudes sur les données de flux utilisables pour alimenter le modèle, sachant que, globalement, à l'échelle de la zone d'étude, l'essentiel des apports de nutriments provient de bassins versants pour lesquels il existe des données de débits et de qualité des eaux. Des incertitudes qui ont pu être approchées par simulation et seraient, **sur les flux de nitrates (qui constituent l'essentiel des apports azotés inorganiques dissous pour l'ensemble des exutoires), à l'échelle de la zone d'étude et sur la saison de prolifération de l'ordre de 10 %. Ce niveau de précision est largement compatible avec les objectifs de l'étude qui sont en premier lieu de pouvoir évaluer l'impact des apports par les grands fleuves sur les proliférations locales.**
- des **incertitudes sur les flux de phosphores** (30 à 50 %) qui sont plus élevées que pour le cas des nutriments azotés du fait de la plus grande variabilité temporelle de ce constituant et de concentrations plus fortes sur les débits élevés.
- cependant, **du fait de la phase de calibration du modèle (MB2)**, les flux présentant un biais ou une incertitude plus élevée pourraient tout de même être utilisés pour établir des simulations de l'abatement relatif des proliférations résultant d'un abatement relatif des flux de nutriments. **Cependant, au cas où la modélisation mettrait en évidence une source locale dont l'incertitude sur la détermination de son flux serait élevée** et dont la responsabilité sur la prolifération locale serait importante, il faudra alors chercher à **affiner la détermination de cet apport local**, éventuellement en procédant à des évaluations maximisantes et des modélisations prenant en compte ces flux maximisés. Ou, dans la mesure du possible par ajout de données de mesures pour évaluer plus finement cet apport.

L'étude a permis de mettre en évidence certains points d'amélioration envisageables pour affiner encore la connaissance locale des flux potentiellement en cause dans les proliférations :

- une amélioration de la détermination des apports locaux pourrait être recherchée par l'étude plus approfondie des comportements des bassins versants peu renseignés en termes de flux. Une telle étude pourrait être conduite par l'analyse des pressions



  ÉLÉMENTS D'ÉQUALITÉ ET D'ENVIRONNEMENT REPUBLIQUE FRANÇAISE PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE	<h1>Rapport MB1</h1>	Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
		Date	11/06/14
		Page	75/75

(occupation agricole, population et assainissement) et des contextes pédoclimatiques locaux. L'exploitation plus poussée des données locales (parfois écartées du fait de la présence de salinité indicatrice d'intrusions marines ou non accessible lors de la présente étude mais potentiellement existantes) pourrait permettre de consolider les associations de chaque exutoire à une station de référence. La prise en compte des apports par temps de pluie pourrait également être envisagée si besoin. Cette prise en compte ne semble cependant, a priori, pas en mesure de modifier globalement sur le secteur d'étude, la part relative des apports locaux utilisables par les algues ou le phytoplancton en période productive.

- L'amélioration substantielle de la connaissance des apports locaux passera par la mesure plus systématique des apports des exutoires locaux : mesure des concentrations en nutriments mais également des débits lors des périodes les plus sensibles, a priori de mai à septembre. Le fonctionnement des marais rétro littoraux dont les débits sont régulés est insuffisamment documenté pour pouvoir le reproduire de façon solide dans l'évaluation des apports. Un tel programme est de toute évidence lourd à mettre en œuvre et **il semble pertinent d'attendre les conclusions de la présente étude et en particulier de la phase de simulation des proliférations, pour voir si une précision supplémentaire est nécessaire. Cela pourrait être le cas si les modélisations montraient, pour certaines des proliférations locales, une part significative d'apports locaux de nutriments, dont l'incertitude sur l'évaluation des flux est importante, sur les conditions de prolifération.**
- **Il convient en effet de souligner que l'importance relative des apports des grands fleuves et des contributeurs locaux présentée à titre indicatif dans ce rapport MB1 ne doit pas être confondue avec les contributions de chaque source à la prolifération algale, dans la mesure où cette dernière dépend notamment de la dispersion côtière des différents apports.**

ⁱ R. Delmas et M. Jouan -HOCER - 31 mars 2014. Étude de connaissance des marées vertes du littoral Atlantique sous influence de la Loire et de la Vilaine (Pays de la Loire et régions limitrophes) – Rapport final V 7 Lot 1 tâche MB1

ⁱⁱ Ollagnon B., 2012- Pressions ponctuelles - macropolluants organiques des collectivités et industriels, Note de calcul Agence de l'eau Loire-Bretagne. Pp5

ⁱⁱⁱ Birgand F., Fauchoux C., Gruau G., Augéard B., Moatar F., Bordenave P. 2010. Uncertainties in assessing annual nitrate loads and concentration indicators: part1. Impact of sampling frequency and load estimation algorithms. Transactions of American Society of Agricultural and Biological Engineers. Vol. 53(2): 437-446.

^{iv} Meybeck M., Moatar F. 2012. Daily variability of river concentrations and fluxes: indicators based on the segmentation of the rating curve. Hydrological Processes 26: 1188-1207

^v Raymond S. (2011). Incertitudes des flux transportés par les rivières (Matière en suspension, nutriments, sels dissous) Vers un système expert d'optimisation des méthodes de calcul. Thèse de l'Université de Tours, pp 292.

^{vi} Conseil Scientifique de l'Environnement en Bretagne (CSEB). 2007. Fiches Techniques et Scientifiques pour la compréhension des bassins versants et le suivi de la qualité de l'eau.

^{vii} L'eau, usages et polluants. Grosclaude G., coordinateur. Tome II. INRA 1999.

^{viii} Meybeck M. Moatar F. 2012. Daily variability of river concentrations and fluxes: indicators based on the segmentation of the rating curve. Hydrological Processes 26, 1188–1207 (2012).





Rapport MB1

Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
Date	11/06/14
Page	1/9

Annexes





Rapport MB1

Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
Date	11/06/14
Page	2/9

Annexe 1-a



« Lois de passage » pour la détermination des apports par les fleuves au Sud de la zone d'étude (tirées de J.F. Guillaud – 2008- Calcul en temps réel des concentrations fluviales en nutriments, en fonction des débits, sur la façade Atlantique, la Manche et le sud de la Mer du Nord)

La Garonne

Paramètre	Formule	R ²
NNO ₃ μmol/l	$NNO_3 = 26,8.Ln(Q) - 15,7$	0,29
NH ₄ μmol/l	NH ₄ = 4,67	
Si μmol/l	$Si = 30,74.Q^{0,163}$	0,15
PPO ₄ μmol/l	PPO ₄ = 1,76	
Ppart μmol/l	Ppart = 2,44	
Norg μmol/l	Norg = 33,8	
MES mg/l	$MES = 8,12.e^{0,0012.Q}$	0,52

La Dordogne

Paramètre	Formule	R ²
NNO ₃ μmol/l	$NNO_3 = - 17.Ln(Q) + 219$	0,15
NH ₄ μmol/l	NH ₄ = 3,19	
Si μmol/l	Si = 146	
PPO ₄ μmol/l	PPO ₄ = 0,73	
Ppart μmol/l	$Ppart = 0,42.Ln(MES) + 0,45$	0,27
Norg μmol/l	Norg = 33,8	
MES mg/l	$MES = 0,031.Q - 2,09$	0,41

La Charente

Paramètre	Formule	R ²
NNO ₃ μmol/l	$NNO_3 = 20,4 + 104,7.Ln(Q) - 0,70.Q$	0,42
NH ₄ μmol/l	$NH_4 = 7,75.Q^{-0,18}$	0,10
Si μmol/l	$Si = 104,7.Q^{0,103}$	0,18
PPO ₄ μmol/l	PPO ₄ = 1,3	
Ppart μmol/l	Ppart = 2,0	
Norg μmol/l	$Norg = 22,3.Q^{0,10}$	0,10
MES mg/l	MES = 7,9	



Rapport MB1

Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
Date	11/06/14
Page	3/9

Annexe 1-b



Code INSEE	Communes	Superficie	Département	Site	Nom	Tel	mail	Remarques	Actions en cours et réalisées
17111	LOIX				Claudie NADOUCE	05 46 29 07 91	accueil@loix.fr		Mail du 25/04
17286	LES PORTES-EN-RE	847	16	Littoral est	Michel TERRADE	05 46 29 50 56	portes-en-re@mairie17.com	Service défense des côtes et environnement	Mail du 25/04
17297	RIVEDOUX-PLAGE	487	16	Cote est		05 46 09 39 39	rivedoux-plage@mairie17.com	Service urbanisme et cadastres Mail du 25/04	rivedoux.urba@mairie17.com
17161	LA FLOTTE	1229	16	Cote est		05 46 09 60 13	mairie@laflotte.fr		Mail du 25/04
17318	SAINT-CLEMENT-DES-BALEINES	707	16	Côte est	JJ Blanc	05 46 45 72 99	correspondantscb@orange.fr		Mr Blanc (adjoint) Pas de rejet dans le milieu (éventuellement eaux de pluie) car au bout de l'île de Ré. Si besoin d'autres infos : dispo au 05 46 29 42 02 de préférence le matin des lundis ou jeudis.
17369	SAINT-MARTIN-DE-RE	483	16	Cote est		05 46 09 38 90	contact@saint-martin-de-re.net		Mail du 25/04
44135	LE POULIGUEN	446	44	NO Baie de la Baule		02 40 15 08 08	mairie@mairie-lepouliguen.fr	Pas de contact dispo?	Mail du 25/04
44125	PIRIAC-SUR-MER	1207	44	Grain		02 40 23 50 19	mairie@piriac.net		Mail du 25/04
44183	SAINT-MOLF	2323	44	Pen-BE, Pont d'Arm		02 40 62 50 77	commune-de-saint-molf@wanadoo.fr		Mail du 25/04, pas de service dédié
44132	PORNICHET	1266	44	SE Baie LA Baule	Angéline ROULEAU	02 40 11 55 55	mairie@mairie-pornichet.fr	Demande transmise au service urbanisme	Mail du 25/04 AROULEAU@mairie-pornichet.fr
44097	MESQUER	1684	44	Kercabellac / Mesquer	Mr Rohou	02 40 42 51 15	Mairie.mesquer-dst@wanadoo.fr	Mr Rohou, responsable environnement et urbanisme	Mail du 25/04
44010	BATZ-SUR-MER	1314	44			02 40 23 92 25	accueil@mairie-batzsurmer.fr	La responsable non dispo le jour de l'appel : mail du 25/04	Conseil de voir avec CC Cap Atlantique
44055	LA BAULE-ESCOUBLAC	2658	44	baie de la Baule		02 51 75 75 75	accueil@mairie-labaule.fr		Mail du 25/04 au service urbanisme
44006	ASSERAC	3362	44			02.40.01.70.00	info@asserac.fr	Petite commune, pas de service spécifique	Mail du 25/04
44049	LE CROISIC	449	44	Le Port à St Goustan	CASSINI Ghislaine	02 40 62 96 33	mairieducroisic@lecroisic.fr		Mail du 25/04 g.cassini@lecroisic.fr
	Quiberon		56	Côte est		02 97 30 24 00			
	Saint Pierre de Quiberon		56	Côte est		02 97 30 92 00			
56214	SAINT-GILDAS-DE-RHUYS	1543	56	Sait-Jacques/ Kerfontaine Penvins Banastère		02 97 45 23 15			
56088	ILE-DARZ	310	56						
56002	AMBON	3808	56	Estuaire riv penerf		02 97 41 12 06			
56252	LE TOUR-DU-PARC	994	56	Estuaire riv penerf		02 97 67 30 01			
56052	DAMGAN	1212	56	estuaire		02 97 41 10 19			
56248	SURZUR	5901	56	Rivière de penerf		02 97 42 03 52			
85234	SAINT-JEAN-DE-MONTS	6225	85	Tout le littoral		02 51 59 97 00		Pas de rejets directs au milieu. Transite par la station d'épuration. Confirmé par le PVP. Conseille de contacter l'ADBVB (Association Baie de Bourgeuf (CLE)). Pas non plus d'étier. Pas de dépôts d'algues vertes	
85163	NOIRMOUTIER-EN-L'ILE	1995	85	Tout le littoral	Mme Maingret, Mme Sauvage	02 51 35 99 99 - 02 51 35 99 92	c.sauvage@ville-noirmoutier.fr ; m.maingret@ville-noirmoutier.fr	Contact avec Mme Maingret, a priori pas d'info ni sur les débits ni sur la qualité, mais va en parler à Mme Sauvage en charge des pbs d'environnement.	Envoi mail, attente retour Mme Sauvage (29/04)
85083	L'EPINE	871	85	Tout le littoral	M. Burgaudeau (adjoint) Mme Vincendeau Secrétaire Maire	02 51 39 11 17	mairielepine@wanadoo.fr	Envoi de mail (23/04)	Rappel Mardi 23 matin, obtenu Mme Vincendeau (Envoi mail)
85114	JARD-SUR-MER	1684	85	Toute la cote	Mlle Marboeuf	02 51 33 40 17	direction@ville-jardsurmer.fr	A priori pas d'info. Envoi d'un mail.	Mail du 22/04
85307	LA FAUTE-SUR-MER	726	85	Côte ouest		02 51 56 44 36			
85012	LA BARRE-DE-MONTS	2721	85	Côte ouest	M. Prouteau, Mme Combas	02 51 68 52 31	mairie@villelabarredemonts.fr	Pas de service, envoyé un courriel à M. Prouteau	Mail M. Prouteau: 19/04
85294	LA TRANCHE-SUR-MER	2103	85	Pointe du Grouin à la Faute	Mme Mercier	02 51 30 37 01	accueil@latranchesurmer.fr	Pas de service, envoyé un courriel	Mail 19/04
85011	BARBATRE	1264	85	Tout le littoral		02 51 39 68 58	mairie.barbatre@wanadoo.fr	Accueil - envoi courriel	Mail 19/04
85278	SAINT-VINCENT-SUR-JARD	1462	85		Mme eLataste cécile secrétaire de mairie	02 51 33 41 17	mairie.st.vincent.sur.jard@wanadoo.fr	Envoi d'une demande récapitulative	Mail 19/04
85194	LES SABLES-D'OLONNE	870	85	Cote au sud	M Loubere, Mme Blanchard	02 51 23 16 00		Mme Blanchard. A priori pas d'info, envoi des données sur les rejets pluviaux (carte). Aucune données disponibles	Contact Mme Blanchard doit envoyer une carto des rejets pluviaux. Contact M Loubere: Aucune donnée sur la qualité des eaux.
85106	LA GUERINIERE	789	85	Tout le littoral					A envoyer Mail sur débits.



Rapport MB1

Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
Date	11/06/14
Page	4/9

Annexe 2



FID_EXU	POS_X	POS_Y	CODE_HYDR	BV_suff(km2)	PMA	DB_nom	DB_code	DB_BV_suff(kB_PMA)	BV_ratio	PMA_ratio	VALID	QE_REF1	QE_REF2	QE_REF3	aj_DB_nb	aj_DB1	aj_DB2	aj_DB2_coe	aj_DB3	aj_DB4	aj_DB4_caj	aj_DB5	aj_DB5_c_STEP_nb	STEP1_CODE	STEP2_CODE	STEP3_CODE	STEP4_CODE	STEP5_CODE	STEP6_CODE	ZONE_ECH				
264	353724.534	6580430.89	Z5924900		4.21	750 CHAPPELLE ACHARD	N2024010	89.2	870	0.04	0.538	4 IS26	IS26	IS26	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0							RE-LOIX			
265	377242.829	6576168.98	N8204200		18.24	750 MARANS	N6110610	1074	900	0.01698324	0.483	4 IS35	IS35	IS35	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
267	379207.099	6570127.5	N8204800		21.7	750 MARANS	N6110610	1074	900	0.02020484	0.483	4 IS35	IS35	IS35	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	041726450001									
268	383142.511	6563256	N8206302		40.91	750 MARANS	N6110610	1074	900	0.03809125	0.483	4 IS35	IS35	IS35	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
269	381584.441	6565157.7	N8206002		24.96	750 MARANS	N6110610	1074	900	0.02324022	0.483	4 IS35	IS35	IS35	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
270	356582.931	6688911.18	M63-0300		211.12	800 MOULIN DE VAULT	M6333020	472	787	0.45	1.073	3	4146650	4146650	4146650	2	J9202510	1	M6333020	1	nan	nan	nan	nan	1	0444109U0144								
278	314465.286	6660697.77	N0135002		49.71	850 CHALLANS	N0204210	95	887	1.42	0.866	3	Dain	4150500	Dain	1	N0113030	0.25	nan	nan	nan	nan	nan	0										
279	379837.406	6570438.25	N8-0172		52.98	750 MARANS	N6110610	1074	900	0.04932961	0.483	3 IS35	IS35	IS35	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
290	356582.931	6688911.18	M63-0300		51.45	850 VILLENEUVE	M8205020	147	861	0.35	0.956	3	4146690	4146690	4146690	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
291	356582.931	6688911.18	M63-0300		79.75	900 VILLENEUVE	M8205020	147	861	0.54	1.155	3	4146840	4146840	4146840	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
292	356582.931	6688911.18	M63-0300		60.98	900 VILLENEUVE	M8205020	147	861	0.41	1.155	3	4146950	4146950	4146950	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
293	329110.913	6620863.51	N20-0300		297.65	900 PETIT BESSON	N2013010	56	950	5.32	0.853	1	4153160	4153160	4153160	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
294	343482.2	6603857.51	N2114000		19.99	850 PETIT BESSON	N2013010	56	950	0.36	0.706	4	Le Gue Chatenay	Le Gue Chatei Hautes_Mers	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0								BOURGNEY-		
295	308399.366	6686142.3	N0006300		2.2	750 SAINT-ETIENNE-DE-	N0113030	98	870	0.02	0.538	4	PMM044044131EE000069	PMM0440441	PMM0440441	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
296	308422.914	6660852.21	Z5875902		4.41	700 CHALLANS	N0204210	35	887	0.13	0.325	4	4150640	4150640	Moulin	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0									NOIRMOUTIE	
297	301544.648	6669080.36	Z5875102		11.58	700 CHALLANS	N0204210	35	887	0.33	0.325	4	4150640	4150640	Moulin	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0									NOIRMOUTIE	
299	371381.433	6668263.2		1	105.81	800 VILLENEUVE	M8205020	147	861	0.72	0.757	4	4135900	4135900	4135900	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
300	372839.995	6699592.91		1	12.29	750 VILLENEUVE	M8205020	147	850	0.08	0.6	4	4135900	4135900	4135900	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	0449360U0001									
301	370682.536	6698350.63		1	18.25	850 VILLENEUVE	M8205020	147	861	0.12	0.956	4	4136400	4136400	4136400	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	0444028S0001									
302	367809.804	6695404.31	M6227000		2.2	750 VILLENEUVE	M8205020	147	861	0.01	0.558	4	4146000	4146000	4146000	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
303	341018.8	6688921.95		1	11.05	850 SAINT-ETIENNE-DE-	N0113030	98	870	0.11	0.923	4	4146000	4146000	4146000	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	0444166S0001									
304	345195.491	6688288.48		1	9.91	850 SAINT-ETIENNE-DE-	N0113030	98	870	0.1	0.923	4	4146000	4146000	4146000	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	2	0444101S000	0444101U0001							
305	347699.176	6687118.45		1	11.78	850 SAINT-ETIENNE-DE-	N0113030	98	870	0.12	0.923	4	4146000	4146000	4146000	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
306	347785.796	6687327.97		1	2.47	850 SAINT-ETIENNE-DE-	N0113030	98	870	0.03	0.923	4	4147350	4147350	4147350	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
307	346794.35	6687665.5		1	6.02	850 SAINT-ETIENNE-DE-	N0113030	98	870	0.06	0.923	4	4147350	4147350	4147350	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
308	343474.993	6689291.45		1	39.81	850 SAINT-ETIENNE-DE-	N0113030	98	870	0.41	0.923	4	4147350	4147350	4147350	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	1	0444047U0003								
309	326142.894	6698476.46		1	266.46	850 SAINT-ETIENNE-DE-	N0113030	98	870	2.72	0.923	4	PMM044044131EE000069	PMM0440441	PMM0440441	4	M8112630	0.33	M8124010	0.33	M8144010	0.33	M8205020	0.33	nan	0								
310	385982.059	6587780.74	N-0060		366.63	750 MARANS	N6110610	1074	900	0.34136872	0.483	3	4160450	4160450	4160450	0	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0										
311	385982.059	6587780.74	N-0060		0	750 MARANS	N6110610	1074	900	0	0.483	4	4160400	4160400	4160400	2	N6110610	1	N7121810	1	nan	nan	nan	0										
312	385576.978	6704461.92		0	109000	850 MONTJEAN	M5300010	109000	850	1	1	1	4134700	4134700	4134700	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0								LOIRE		
313	350610.8	6578187		nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	1	0417019S0001							RE-LOIX	
314	359113.363	6574166.93		nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	1	0417121S0001								
315	363948.968	6578097.64		nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	1	0417161S0001							RE-SAINT-MA	
316	376763.6	6569452		nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	1	0417300S0002								
317	365736.237	6569769.47		nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	1	0417360S0001								
318	361917.402	6691000.12		nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	1	0444009S0001								
319	287842.1	6698732		nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	1	0444069S0002								
320	349933.958	6687322.45		nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	1	0444109S0001								
321	352841.23	6687334.12		nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	1	0444143S0002								
322	366004	6694157		nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	1	0444169S0002								
323	256360.5	6732240		nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	1	0456005S0001								
324	245844.1	6735421		nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	0	2	0456034S000	0456034U0001							
325	281756.5	6727748		nan																														



Rapport MB1

Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
Date	11/06/14
Page	5/9

Annexe 3





Rapport MB1

Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
Date	11/06/14
Page	6/9

Annexe 4



stations Q/E	Nk				NH4				NO3				PO4				PT			
	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
arnes	24	24	24	24	75	146	53	24	75	146	54	24	70	127	49	24	24	24	24	24
4134700	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4135900	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4136400	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4136910 (*)	0	10	6	6	0	10	6	6	0	10	6	6	0	10	6	6	0	10	6	6
4146000	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	42	42	42	36
4146650	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4146690	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4146840	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	12	12	12
4146950	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4147350	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4149400	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4150050	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4150500	12	15	12	12	12	15	12	12	12	15	12	12	12	15	12	12	13	15	12	12
4150640	12	12	11	12	12	12	11	12	12	12	11	12	12	12	11	12	12	12	11	12
4150700	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4151500	10	12	12	11	10	12	12	11	10	12	12	11	10	12	12	11	11	12	12	11
4152000	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	12	12	12
4153160	11	12	12	10	11	12	12	10	11	12	12	10	11	12	12	10	11	12	12	10
4153200	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	6	6
4155500	24	24	24	23	24	24	24	23	24	24	24	23	24	24	24	23	42	42	42	35
4160400	24	24	23	23	24	24	23	23	24	24	23	23	24	24	23	23	42	42	41	35
4160450	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4195000	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	12	12	12
4195600	12	12	12	11	12	12	12	11	12	12	12	11	12	12	12	11	12	12	12	11
4216000	23	24	24	24	23	24	24	24	24	23	34	365	23	24	24	24	41	42	42	36
4217100	12	12	11	12	12	12	11	12	12	12	11	12	12	12	11	12	13	12	11	12
Brandais	0	0	0	0	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	6	0	0	0	0
Canal de Lucon	0	0	0	0	5	2	4	7	5	2	4	7	5	2	4	7	0	0	0	0
Dain	0	0	0	0	3	4	2	3	3	4	2	3	3	4	2	3	0	0	0	0
G 220	0	0	0	0	4	6	6	6	4	6	6	6	4	6	6	6	0	0	0	0
G 500	0	0	0	0	4	6	6	6	4	6	6	6	4	6	6	6	0	0	0	0
G 875	0	0	0	0	4	6	6	6	4	6	6	6	4	6	6	6	0	0	0	0
Goulet	0	0	0	0	3	3	5	3	3	3	5	3	3	3	5	3	0	0	0	0
Grenouillet	0	0	0	0	4	4	4	2	4	4	4	2	4	4	4	2	0	0	0	0
IS26	0	0	0	0	2	0	1	3	2	0	1	3	2	0	1	3	0	0	0	0
IS35	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	2	0	1	0	2	2	0	0	0	0
Ile Bernard	0	0	0	0	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	6	0	0	0	0
La Parée	0	0	0	0	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	6	0	0	0	0
Le Gue Chatenay	0	0	0	0	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	6	0	0	0	0
Le Jaunay	0	0	0	0	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	6	0	0	0	0
Mine	0	0	0	0	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	0	0	0	0
Normandeliere	0	0	0	0	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	6	0	0	0	0
PAMA3	0	0	0	0	14	18	11	0	14	18	11	0	14	18	11	0	0	0	0	0
PMM044044131EE00006	5	12	12	0	5	12	12	0	5	12	12	0	5	12	12	0	5	12	12	0
Puits_Rochais	0	0	0	0	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	6	0	0	0	0
Zoo	0	0	0	0	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	5	6	0	0	0	0



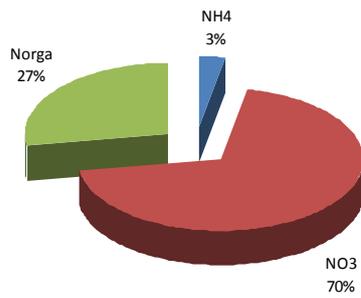
Rapport MB1

Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
Date	11/06/14
Page	7/9

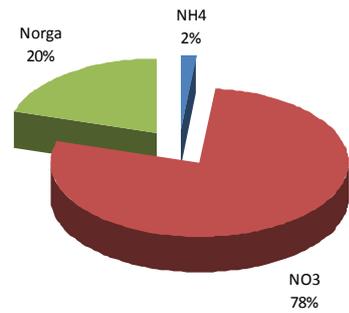
Annexe 5



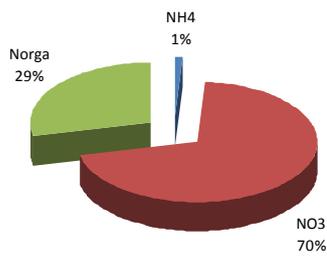
Azote : somme des apports à la zone (mai septembre)



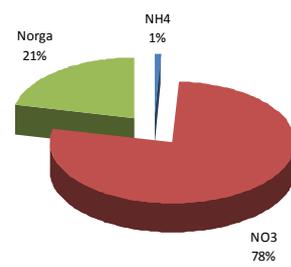
Azote : somme des apports à la zone (année)



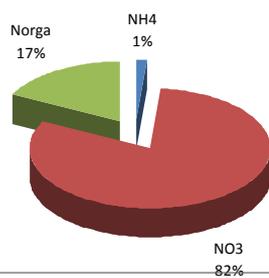
Azote : apports de la Loire (mai septembre)



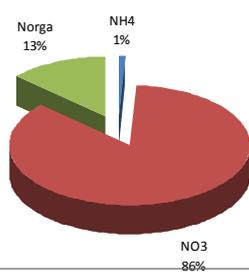
Azote : apports de la Loire (année)



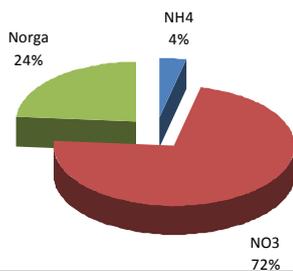
Azote : apports de la Vilaine (mai septembre)



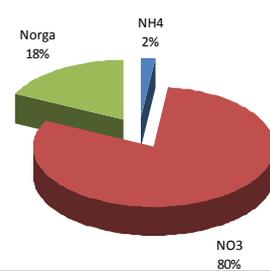
Azote : apports de la Vilaine (année)



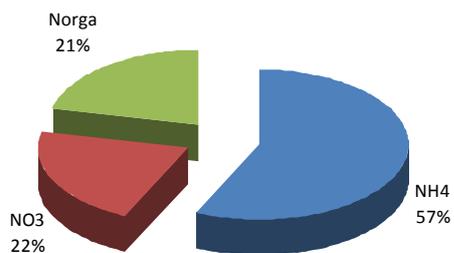
Azote : apports des côtiers (mai septembre)



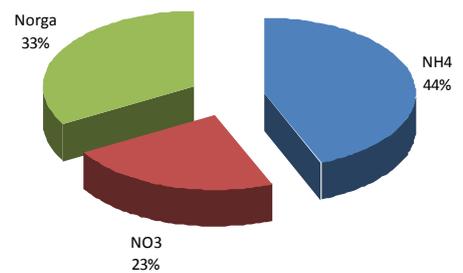
Azote : apports des côtiers (année)



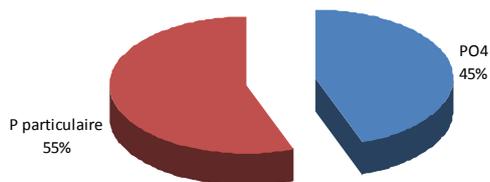
Azote : apports des STEP (mai septembre)



Azote : apports des STEP (année)



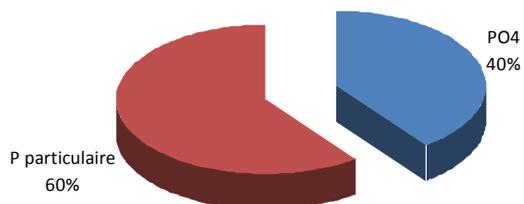
Phosphore : somme des apports à la zone (mai septembre)



Phosphore : somme des apports à la zone (année)



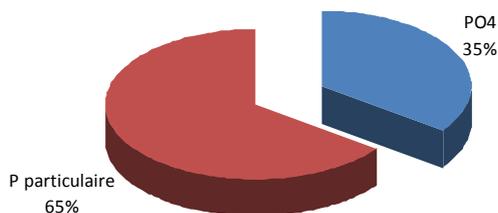
Phosphore : apports de la Loire (mai septembre)



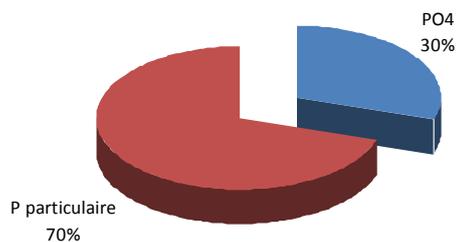
Phosphore : apports de la Loire (année)



Phosphore : apports de la Vilaine (mai septembre)



Phosphore : apports de la Vilaine (année)



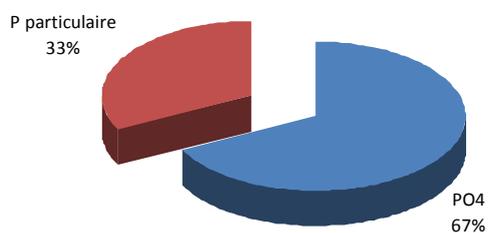
Phosphore : apports des Côtiers (mai septembre)



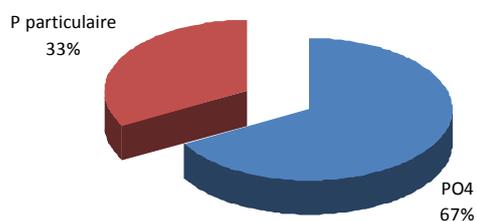
Phosphore : apports des côtiers (année)



Phosphore : apports des STEP (mai septembre)



Phosphore : apports des STEP (année)



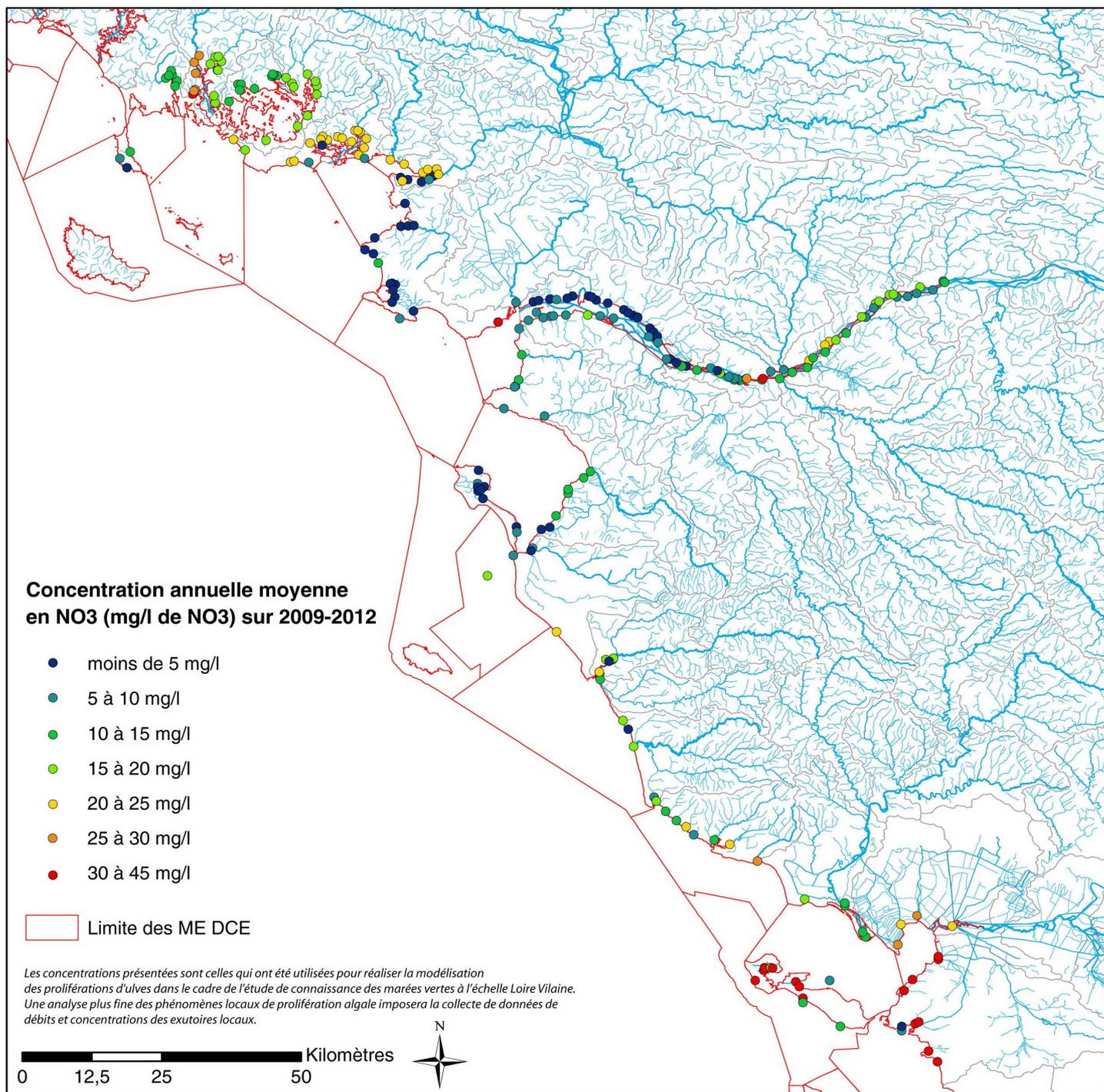


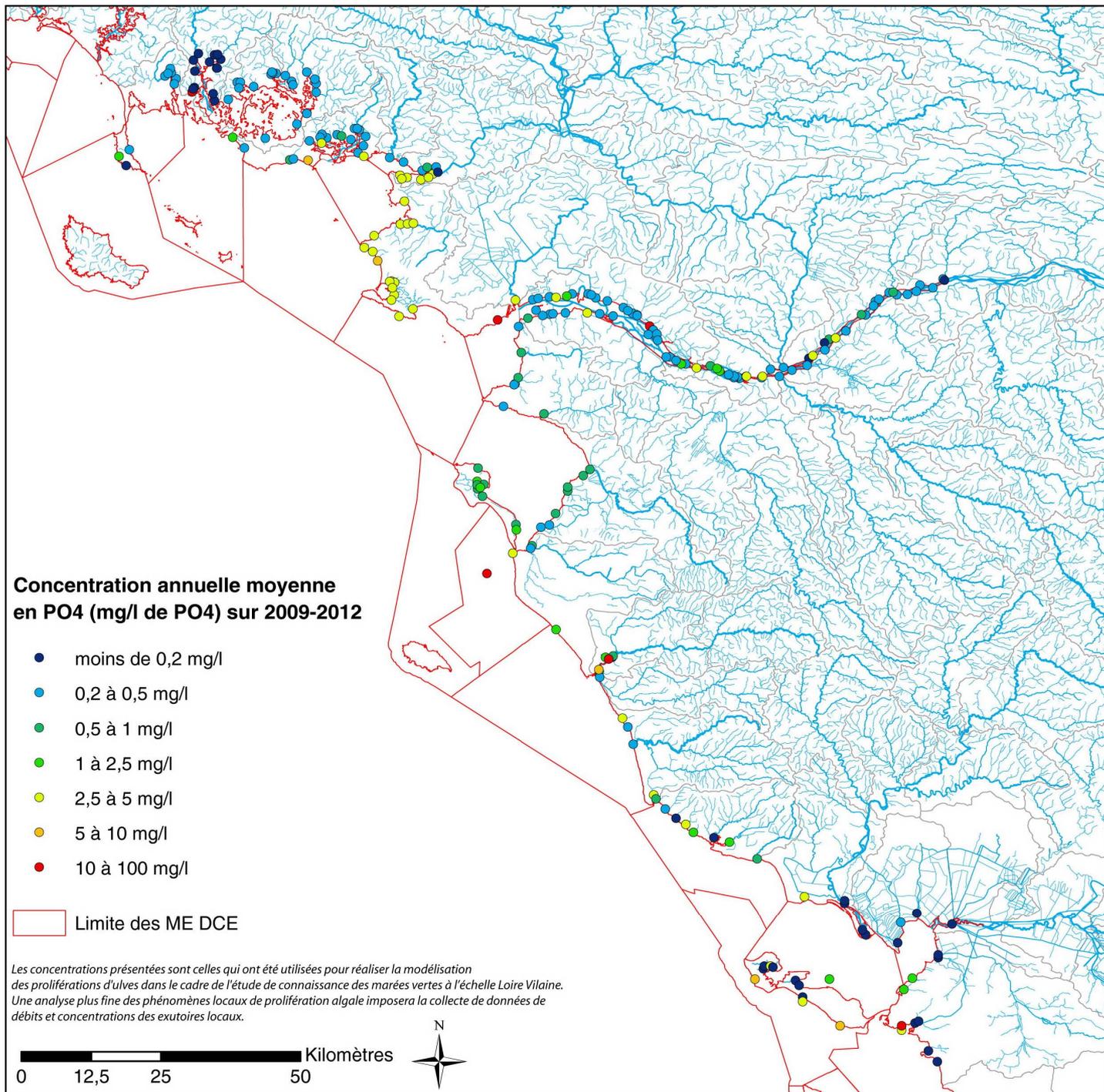
Rapport MB1

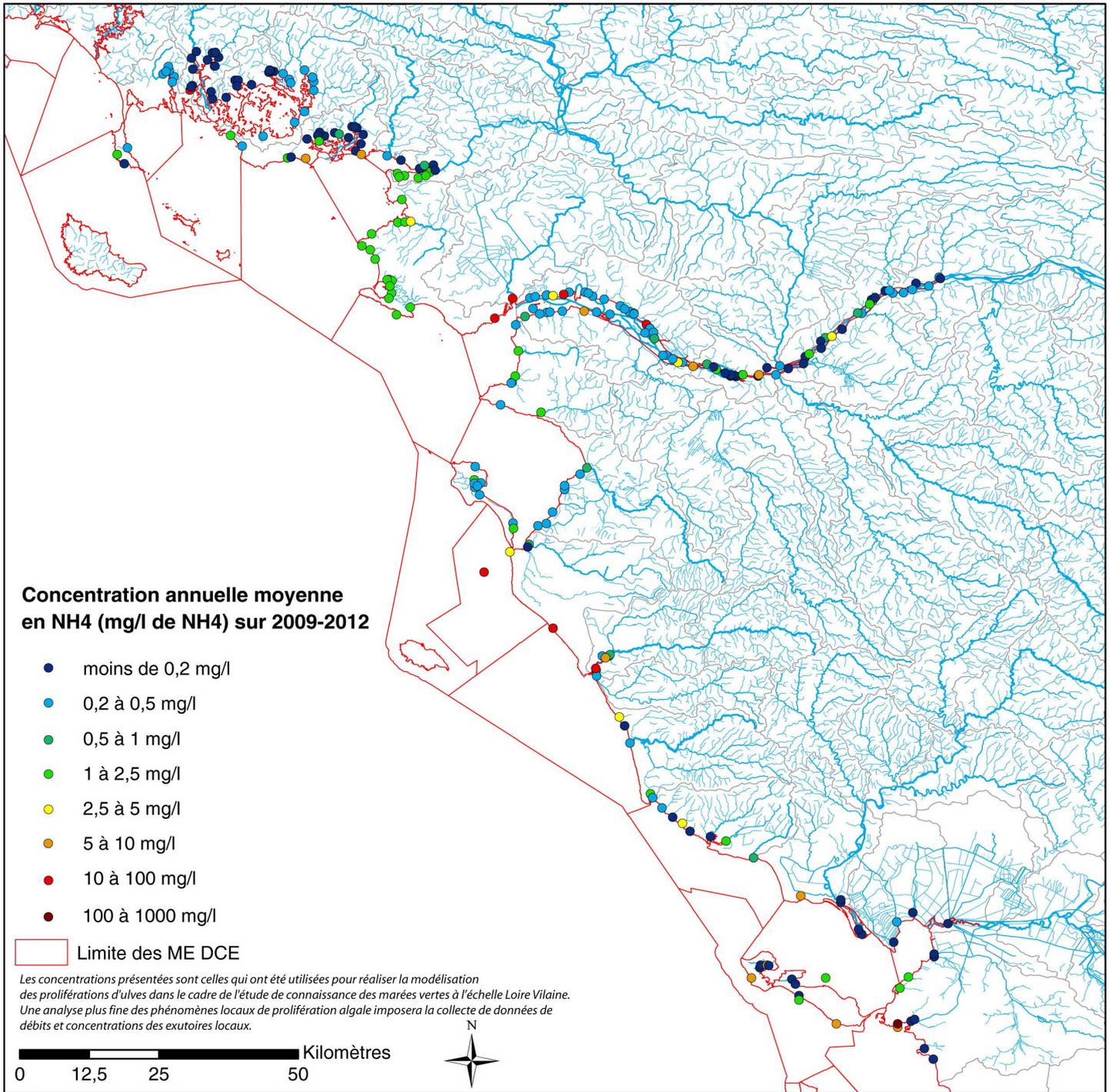
Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
Date	11/06/14
Page	8/9

Annexe 6











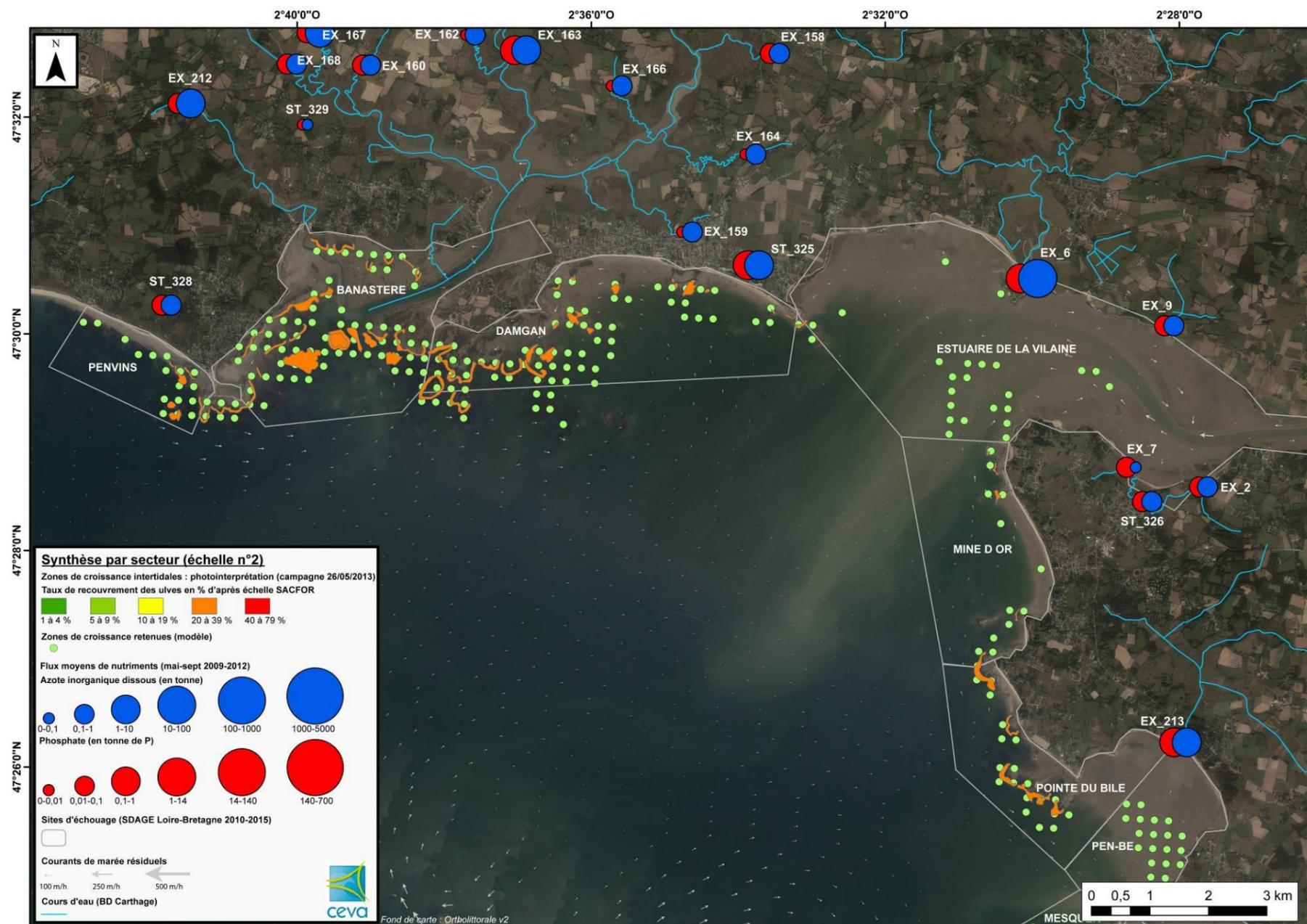
Rapport MB1

Réf.	CEVA/AQM13001/RAP/014-V3.1
Date	11/06/14
Page	9/9

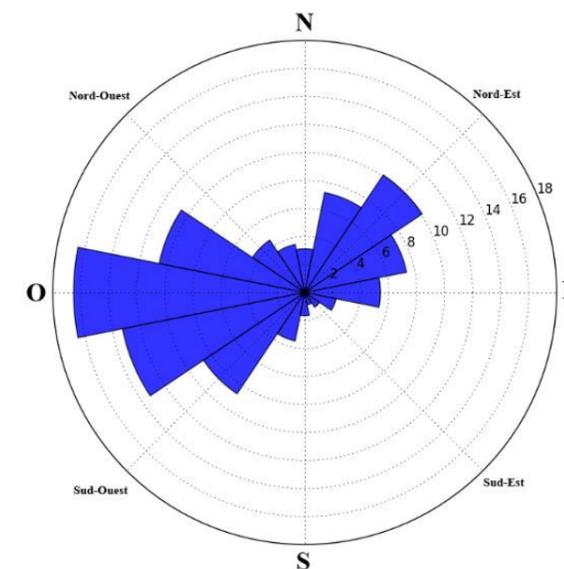
Annexe 7



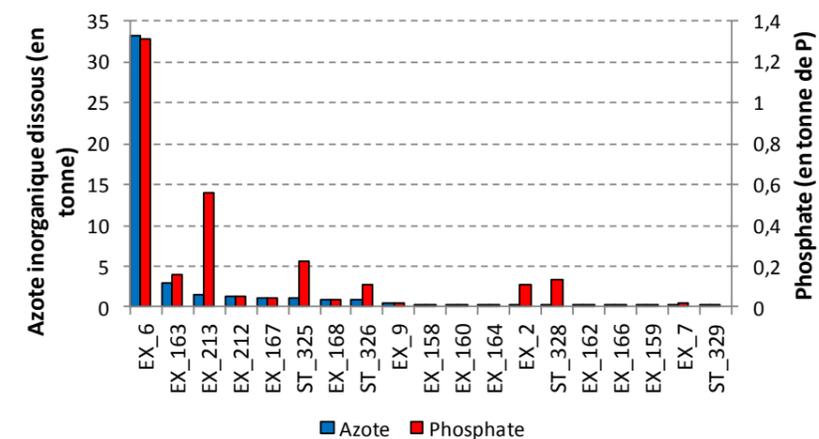
Secteur n° 3



Rappel : les flux présentés sont ceux qui ont été utilisés pour réaliser la modélisation des proliférations d'ulves dans le cadre de l'étude de connaissance des marées vertes sur le site. Une analyse plus fine des phénomènes locaux de prolifération algale imposera la collecte de données de débits et concentrations des exutoires locaux.



Pourcentage de répartition des vents selon seize secteurs sur la période du 1^{er} mai au 30 septembre 2009 à 2012 (Point de référence : Damgan).



Flux d'azote inorganique dissous et de phosphate apportés par les différents exutoires (classement décroissant des exutoires selon le flux d'azote).

