



Observatoire Départemental
de l'Environnement du Morbihan



Laboratoire ECOBIO
Université Rennes 1

Rapport d'étude

Etude de faisabilité de la mise en place d'un réseau de suivi
environnemental des cyanobactéries dans le Morbihan.

Céline JARRON

Novembre 2007

Etude réalisée pour le Conseil Général du Morbihan



Remerciements

Je tiens, tout d'abord, à remercier Franck DANIEL, chargé de mission à l'ODEM, pour sa disponibilité, ses nombreux conseils et relectures attentives.

Je remercie également Luc BRIENT du laboratoire Ecobio de l'Université de Rennes 1 pour toutes ses informations sur les cyanobactéries, sujet que je connaissais peu en arrivant, et sur les protocoles scientifiques.

Merci à Jean-Louis BELLONCLE pour son aide en cartographie, en base de données et en informatique en général.

J'adresse aussi mes remerciements au reste de l'équipe de l'ODEM : Nelly BELLEC, Laurent LEREVEREND et Caroline PLUS, ainsi que Jean-Michel HERVIEUX et tout le personnel du CAUE pour leur accueil au cours de cette étude.

Merci aux membres du Conseil Scientifique de l'ODEM et à Françoise JEHANNO du Conseil Général 56 pour le temps consacré à la relecture des rapports et leurs remarques.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les acteurs locaux et départementaux pour le temps qu'ils m'ont consacré, en acceptant de participer à cette étude et en répondant à mes questions.

Enfin, cette étude a été possible grâce au soutien technique et logistique du laboratoire Ecobio de l'Université de Rennes 1.

Sommaire

LISTE DES ABREVIATIONS UTILISEES.....	2
LISTE DES FIGURES	3
LISTE DES TABLEAUX.....	4
INTRODUCTION	5
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	6
1.1. Les cyanobactéries.....	6
1.1.1. Caractéristiques.....	6
1.1.2. Toxines.....	7
1.2. Enjeux liés aux proliférations de cyanobactéries	8
1.2.1. Impacts sanitaires.....	8
1.2.2. Impacts environnementaux	8
1.2.3. Enjeux socio-économiques	9
1.2.4. Réglementation : surveillance et contrôle des cyanobactéries	9
1.2.4.1. Eaux de baignade et d'activités nautiques.....	9
1.2.4.2. Eaux destinées à la consommation	11
1.3. Etat des lieux de la situation dans le Morbihan.....	11
1.3.1. Contexte hydrographique et plans d'eau du Morbihan	11
1.3.2. Le phosphore et la problématique de l'eutrophisation dans le Morbihan	13
1.3.3. Emergence de la problématique cyanobactéries et démarches en cours dans le Morbihan.....	15
1.4. Objectifs d'un suivi complémentaire et de l'étude	19
1.4.1. Objectifs du réseau de suivi environnemental des cyanobactéries.....	19
1.4.2. Problématique de l'étude de faisabilité	20
Synthèse : Contexte et problématique de l'étude	21
2. DEMARCHE METHODOLOGIQUE	22
2.1. Démarche méthodologique générale.....	22
2.2. Collecte des données.....	23
2.2.1. Caractéristiques de l'échantillonnage des sites à enjeux	23
2.2.2. Caractéristiques des sites tests (suivi de mai à septembre)	23
2.2.3. Protocoles d'expérimentation	27
2.3. Gestion des données	34
2.4. Valorisation des résultats.....	35
Synthèse : Démarche méthodologique.....	36

3. RESULTATS ET ANALYSE	37
3.1. Collecte des données.....	37
3.1.1. Résultats des 3 sites tests suivis pour la campagne 2007 entre mai et septembre	37
3.1.2. Appréciations du protocole par les acteurs locaux et le technicien départemental	39
3.1.3. Résultats de l'expérimentation sur l'ensemble des sites à enjeux en septembre 2007	41
3.1.3.1. Répartition des proliférations de cyanobactéries sur les sites à enjeux	41
3.1.3.2. Dominance des cyanobactéries dans la biomasse algale	43
3.1.3.3. Pertinence de la sonde à phycocyanine comme outil de mesure	44
3.1.4. Résultats du suivi sanitaire de la DDASS pour la campagne 2007	45
3.2. Gestion des données : structure de la base.....	49
3.3. Valorisation des résultats : questionnaire et analyse d'expériences	49
3.3.1. Avis des acteurs	50
3.3.2. Retours d'expériences	51
Synthèse : Résultats de l'expérimentation	52
4. FAISABILITE DU RESEAU DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL : DISCUSSION ET PROPOSITIONS.....	54
4.1. Maîtrise d'ouvrage et animation du réseau	54
4.2. Faisabilité pour la collecte des données.....	57
4.2.1. Modalités du protocole.....	57
4.2.1.1. Scénario n° 1 de protocole de collecte.....	57
4.2.1.2. Scénario n° 2 pour le protocole de collecte	58
4.2.2. Acteurs réalisant le suivi	59
4.2.3. Coût pour la collecte des données	60
4.3. Faisabilité par rapport à la gestion des données.....	63
4.3.1. Organisation du réseau pour la gestion des données	63
4.3.2. Coût pour l'étape « gestion des données »	63
4.4. Faisabilité par rapport à la valorisation des données	65
4.4.1. Structure responsable de la communication et de la valorisation des résultats	65
4.4.2. Public visé par la communication des données	65
4.4.3. Types d'utilisation des résultats et supports de communication	67
4.4.3.1. Information de la situation dans le département	67
4.4.3.2. Communication des résultats du suivi sur les sites	68
4.4.3.3. Compréhension du phénomène	68
4.4.4. Coût pour la valorisation des résultats	69
4.5. Synthèse sur l'organisation et la mise en place du réseau de suivi proposé.....	70
4.5.1. Organisation du réseau de suivi départemental	70
4.5.2. Coût du réseau de suivi des cyanobactéries	71
Synthèse : Schéma de fonctionnement du réseau de suivi environnemental proposé.....	73
CONCLUSION	75
BIBLIOGRAPHIE	76

Liste des abréviations utilisées

AAPPMA	Association agréée de pêche et protection du milieu aquatique
AEP	Adduction en Eau Potable
AFSSA	Agence française de sécurité sanitaire des aliments
AFSSE	Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement
BV	Bassin versant
BDD	Base de données
CC	Communauté de communes
CG	Conseil Général
CGI	Centre de génie industriel à Ploemeur
CSHPF	Conseil supérieur d'hygiène publique de France
DCE	Directive cadre sur l'eau
DDAF	Direction départementale de l'agriculture et de la forêt
DDASS	Direction départementale des affaires sanitaires et sociales
DDE	Direction départementale de l'équipement
DDSV	Direction départementale des services vétérinaires
DGS	Direction générale de la santé
EPCI	Etablissement public de coopération intercommunale
LDA	Laboratoire départemental d'analyses
MIB	2-méthylisoborneol (produit odorant)
MISE	Mission inter service de l'eau
M-LR	Microcystine LR (L pour Leucine et R pour Arginine) (ou MYC LR)
ODEM	Observatoire départemental de l'environnement du Morbihan
OMS	Organisation mondiale de la santé
PC	Phycocyanine
SGBD	Système de gestion de base de données
SIAEP	Syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable
SIE	Système d'informations sur l'environnement
SIG	Système d'informations géographiques
SIVOM	Syndicat intercommunal à vocation multiple
SPANC	Service public d'assainissement non collectif
STEP	Station d'épuration
UMR	Unité mixte de recherche

Liste des figures

Figure 1 : Schéma de la succession saisonnière des différents types d'algues en Bretagne	7
Figure 2 : Photos d'efflorescences de cyanobactéries (verte, bleue) pouvant se rencontrer dans le Morbihan.	8
Figure 3 : Carte du réseau hydrographique du Morbihan et principaux bassins versants.....	12
Figure 4 : Teneurs médianes cantonales en P Dyer dans les sols agricoles morbihannais, période 2000-2004.....	14
Figure 5 : Teneurs en phosphore total dans les eaux superficielles du Morbihan en 2006.....	14
Figure 6 : Carte localisant les sites à enjeux « cyanobactéries » sélectionnés dans le Morbihan	24
Figure 7 : Carte du plan d'eau de Réguiny.....	26
Figure 8 : Carte du plan d'eau de Saint Malo de Beignon	26
Figure 9 : Carte du plan d'eau de Muzillac	27
Figure 10 : Paramètres étudiés lors du suivi des cyanobactéries	28
Figure 11 : Photo du disque de Secchi	28
Figure 12 : Photo de la sonde à phycocyanine	29
Figure 13 : Photo de la sonde oxymètre- pHmètre.....	29
Figure 14 : Corrélation entre le nombre de cyanobactéries et la mesure effectuée à la sonde à phycocyanine.....	31
Figure 15 : Photo du tube préleveur	32
Figure 16 : Protocole d'expérimentation pour le suivi entre mai et septembre	33
Figure 17 : Schéma de la base de données « suivi environnemental cyanobactéries ».....	34
Figure 18 : Evolution de la teneur en phycocyanine sur les 3 sites tests en 2007.....	38
Figure 19 : Teneur en phycocyanine sur les plans d'eau à enjeux en septembre 2007.....	40
Figure 20 : Nombre de cyanobactéries par ml sur les plans d'eau suivis en septembre 2007 .	41
Figure 21 : Teneur en microcystines sur les plans d'eau ayant plus de 100 µg/l de PC (Septembre.2007)	42
Figure 22 : Répartition de la biomasse algale sur les sites à enjeux en septembre 2007	43
Figure 23 : Dosage de la chlorophylle a sur les sites suivis en septembre 2007.....	44
Figure 24 : Corrélation entre nombre de cyanobactéries et teneur en chlorophylle a. (Septembre 2007)	44
Figure 25 : Corrélation entre nombre de cyanobactéries et mesure à la sonde à phycocyanine sur le terrain (Septembre 2007)	45
Figure 26 : Evolution du nombre de cyanobactéries par ml sur les sites de la DDASS en 2007.	46
Figure 27 : Evolution du nombre de cyanobactéries par ml sur le Lac au Duc en 2007	46
Figure 28 : Evolution de la teneur en phycocyanine sur le lac au Duc en 2007	47
Figure 29 : Description du contenu de la base de données et des relations entre les tables.....	48
Figure 30 : Description du contenu de la charte du réseau de suivi des cyanobactéries.....	55
Figure 31 : Schéma de fonctionnement du réseau environnemental envisageable à l'échelle du département	73

Liste des tableaux

Tableau 1 : Exemples d'accidents sanitaires attribués aux cyanobactéries.	8
Tableau 2 : Recommandations du CSHPF en 2003 sur la surveillance et la gestion des eaux de baignade et de loisirs	10
Tableau 3: Valeurs limites des catégories trophiques pour trois paramètres établies par l'OCDE (1982).....	13
Tableau 4 : Résultats du suivi sanitaire de la DDASS et du Lac au Duc (maximum de cyanobactéries et présence de cyanotoxines)	16
Tableau 5 : Synthèse des actions menées et des décisions prises suite au suivi des campagnes de la DDASS entre 2004 et 2007.	17
Tableau 6 : Synthèse de la démarche méthodologique pour chaque partie de l'étude.....	22
Tableau 7 : Synthèse des principales informations pour les 3 sites suivis en 2007 dans le cadre de l'étude	25
Tableau 8 : Acteurs locaux investis dans le suivi des sites tests	29
Tableau 9 : Stations de mesures du technicien choisies pour le suivi des sites tests	30
Tableau 10 : Corrélation entre phycocyanine et nombre de cellules par ml. Intervalle de confiance à 95%	31
Tableau 11 : Espèces présentes sur les sites à enjeux suivis en septembre 2007.....	42
Tableau 12 : Synthèse d'expériences de suivi des cyanobactéries déjà mises en place en France	53
Tableau 13 : Avantages et inconvénients pour les différentes possibilités de technicien départemental	60
Tableau 14 : Evaluation du coût pour la collecte des données avec le scénario 1	62
Tableau 15: Evaluation du coût pour la collecte des données avec les scénarii 2a et 2b.....	62
Tableau 16 : Avantages et inconvénients de chaque solutions pour la partie « gestion des données ».....	64
Tableau 17 : Estimation du coût pour la gestion des données	64
Tableau 18 : Avantages et inconvénients sur la mise en place d'un comité départemental ou par site.	66
Tableau 19 : Avantages et inconvénients d'informer ou non le grand public.....	66
Tableau 20 : Estimation du coût pour la valorisation des données (hors animation).....	69
Tableau 21 : Evaluation du coût total du réseau de suivi des cyanobactéries selon les scénarii 1 ou 2a ou 2b.	72

Introduction

Les pratiques de fertilisation, l'intensification de l'élevage, l'industrialisation mais aussi l'urbanisation de nos sociétés conduisent à des perturbations du fonctionnement des écosystèmes avec l'accroissement des apports de fertilisants dans l'hydrosystème et notamment une gestion non équilibrée du phosphore. Dans certaines régions comme en Bretagne, des accumulations de phosphore dans les sols et des risques de transfert vers les écosystèmes aquatiques aboutissent à des problèmes d'eutrophisation.

Le Conseil Général du Morbihan se préoccupe, en particulier, de la prolifération des cyanobactéries qui est liée à l'eutrophisation.

Cette problématique soulève en effet des enjeux sanitaires mais aussi environnementaux et/ou économiques. Dans le Morbihan, un suivi sanitaire des proliférations de cyanobactéries est réalisé par la DDASS depuis 2003 mais il ne concerne qu'un nombre limité de plans d'eau de baignade autorisée.

Face aux incertitudes concernant ce phénomène et son évolution et compte tenu de la démarche de retour à une bonne qualité de l'eau, exigée notamment dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), le Conseil Général a saisi l'Observatoire Départemental de l'Environnement du Morbihan (ODEM) pour l'aider à définir un projet de réseau départemental de suivi environnemental des cyanobactéries, qui concernerait un nombre plus important de sites.

Les objectifs d'un tel réseau seraient de mieux connaître la situation et l'évolution des cyanobactéries, de mieux comprendre le phénomène et les facteurs intervenants, afin d'être en mesure à terme de proposer des actions de gestion.

Ce travail consiste donc à étudier la faisabilité de la mise en place de ce réseau de suivi environnemental des cyanobactéries dans le département, en abordant les aspects techniques, organisationnels et financiers.

La première partie de notre étude porte sur le contexte, c'est-à-dire une présentation des cyanobactéries et de l'ensemble des enjeux aux niveaux environnemental, socio-économique et sanitaire, puis un état des lieux de la situation dans le Morbihan. Les recommandations sanitaires sont également exposées à travers la réglementation en cours dans ce domaine.

La deuxième partie présente la méthodologie adoptée puis la troisième partie porte sur les résultats obtenus.

Enfin, la quatrième partie discute de la faisabilité des trois phases de ce réseau de suivi : la collecte des données, la gestion et la valorisation de ces données, pour aboutir à des propositions et aux perspectives d'un tel réseau départemental.

1. Contexte et objectifs de l'étude

Avant d'aborder la situation de ce phénomène de proliférations des cyanobactéries liée à l'eutrophisation, il faut connaître les caractéristiques des cyanobactéries afin de bien saisir l'intérêt d'une telle étude dans le cadre de la protection et la surveillance de la qualité de l'eau. Une brève présentation des cyanobactéries : leur biologie, leurs toxines et les enjeux liés à leur prolifération ainsi que la réglementation existante dans ce domaine, permettra donc de voir l'avancement des connaissances sur ce phénomène et de comprendre les objectifs d'un réseau de surveillance environnemental sur ce sujet.

1.1. Les cyanobactéries

1.1.1. Caractéristiques

Les cyanobactéries, ou algues bleues, sont des bactéries assimilables à des algues microscopiques, qui présentent des caractères écologiques très variés, leur ayant permis de coloniser la plupart des habitats aquatiques ou terrestres même extrêmes comme les calottes glacières ou les sources chaudes. Ces procaryotes photosynthétiques ont longtemps été classés dans le règne végétal car ils présentent, en plus de propriétés spécifiques aux bactéries (pas de noyau, ni d'organites intracellulaires), des caractéristiques propres aux algues (photosynthèse, présence de chlorophylle a et d'autres pigments). La pigmentation peut varier du bleu-vert, d'où l'origine de « cyano », au rouge.

L'existence de 150 genres et de plus de 2000 espèces illustre une grande diversité de formes et d'organisations : elles peuvent être unicellulaires ou coloniales, organisées en trichomes ou en filaments. Certaines espèces possèdent des vacuoles à gaz qui leur permettent de se positionner à différents niveaux dans la colonne d'eau selon les besoins en nutriments et en lumière (*LEVI & al., 2006*).

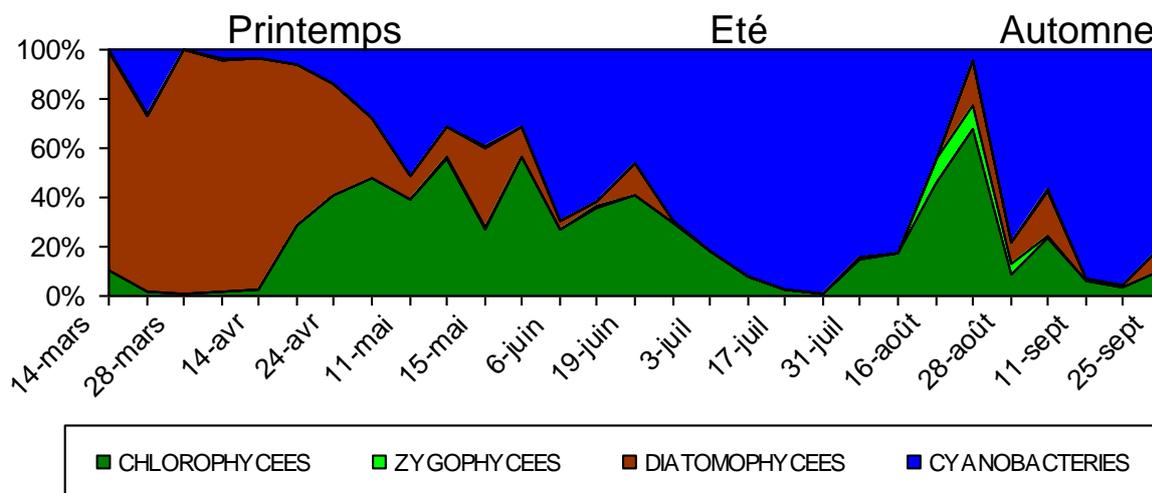
De plus, certaines espèces peuvent produire des toxines dont la quantité et le type vont varier selon les conditions environnantes (*cf. §1.1.2*).

La reproduction se présente également sous plusieurs formes : la multiplication des cyanobactéries est végétative, elle s'effectue par division binaire, par bourgeonnement ou par divisions multiples. Selon les espèces et les conditions environnementales, les temps de doublement des populations varient de quelques heures à plusieurs jours. Lors de développement important, on parlera de proliférations de cyanobactéries ou blooms (ou efflorescences).

Les facteurs favorisant leur prolifération sont les suivantes (*LEVI & al., 2006*) :

- concentrations en nutriments > à 20µg/l pour le phosphore et 1mg/l pour l'azote (éléments nutritifs limitants dans les plans d'eau)
- stabilité de la colonne d'eau (stratification de la masse d'eau)
- conditions météorologiques favorables : luminosité, température entre 15 ° et 30°C
- pH entre 6 et 9

En Bretagne, les cyanobactéries apparaissent de manière saisonnière, généralement entre mai et octobre, succédant aux diatomées et aux chlorophycées (Figure 1).



Source : BRIENT, comm. pers.

Figure 1 : Schéma de la succession saisonnière des différents types d'algues en Bretagne

1.1.2. Toxines

Les cyanotoxines sont des substances intracellulaires, synthétisées par la cellule en croissance et libérées lors de la sénescence ou de la lyse cellulaire. Une même espèce peut sécréter plusieurs toxines ou aucune. Elles sont classées selon leur mode d'action :

- les **hépatotoxines**, elles sont les plus fréquentes et les mieux connues. Elles peuvent provoquer, chez l'Homme, des insuffisances hépatiques, une altération de la structure des cellules du foie et contribuer au développement de cancers du foie. D'autres organes tels que les reins ou l'intestin peuvent être également altérés. On trouve dans ce groupe les microcystines, seule toxine dosée actuellement. La plus étudiée car la plus toxique est la microcystine-LR notée MLR (L pour leucine et R pour arginine) (BRIENT et al., 2001). La détection de plusieurs hépatotoxines MYC-LR dans le même échantillon est exprimée en équivalent MLR. Une nouvelle hépatotoxine vient d'être mise en évidence dans les plans d'eau de l'Ouest (BRIENT, comm. orale GIS cyanobactéries Institut Pasteur Paris, Février 2007) : la cylindrospermopsine, un alcaloïde détecté en présence des genres *Aphanizomenon* et *Anabaena*. A travers cette découverte, il paraît indispensable d'approfondir la connaissance du phénomène de proliférations des cyanobactéries et ses risques.
- les **neurotoxines**, leurs effets potentiels, très rapides, sont la perturbation de l'influx nerveux induisant des maux de tête, des vomissements, des diarrhées puis la mort par arrêt respiratoire (tests réalisés sur des souris) (LEVI & al., 2006).
- les **dermatotoxines**, les moins connues. Mise en évidence par des micro algues marines, elles sont à l'origine d'irritations et de réponses allergiques.

L'ensemble de ces symptômes pose un réel souci sanitaire. Mais l'impact sanitaire n'est pas le seul enjeu de ce phénomène de proliférations de cyanobactéries : il existe également des enjeux environnementaux et socio-économiques.

1.2. Enjeux liés aux proliférations de cyanobactéries

1.2.1. Impacts sanitaires

En France, bien qu'aucun cas d'intoxication humaine n'ait été confirmé, les effets aigus de ces cyanotoxines ont été identifiés chez l'animal. A titre d'exemple, une trentaine de chiens sont morts après s'être désaltérés dans les gorges du Tarn à St-Enimie (Lozère) en 2004. Des mortalités de bovins sont également fortement suspectées (*BRIENT, comm. pers.*).

En revanche, dans le monde, des exemples d'intoxication humaine sont bien établis (*Tableau 1*).

Situation	Nombre de personnes	Pathologies	Genres identifiés
<i>Eaux récréatives</i>			
Pennsylvanie, 1981	12 enfants 1 adulte	Troubles gastro-intestinaux	<i>Anabaena</i>
Royaume-Uni, 1989 (Turner, 1990)	20	Troubles intestinaux Maux de gorge Toux sèche 2 cas de pneumonie	<i>Microcystis</i> (<i>M. aeruginosa</i>)
Australie, 1991	5 adultes 3 enfants	Irritations cutanées Problèmes respiratoires	<i>Nodularia</i>
<i>Eaux de distribution</i>			
Brésil, 1988	2000 dont 88 morts	Gastro-entérites	<i>Anabaena</i> , <i>Microcystis</i>

**Tableau 1 : Exemples d'accidents sanitaires attribués aux cyanobactéries.
(BRIENT & al, 2004)**

1.2.2. Impacts environnementaux

Les proliférations de cyanobactéries sont en lien avec le phénomène d'eutrophisation. Elles peuvent s'exprimer par :

- une modification de l'aspect de la ressource par une coloration inhabituelle (bleue, verte ou rouge dans les régions alpines) (*Figure 2*), des irisations en surface et/ou des masses d'écumes.



Figure 2 : Photos d'efflorescences de cyanobactéries (verte, bleue) pouvant se rencontrer dans le Morbihan. Source : BRIENT, 2005, 2006.

- une nuisance olfactive par la production de produits odorants MIB et géosmine.

Mais également :

- une réduction de la clarté de l'eau et une limitation de l'espace disponible pour le développement d'autres espèces, entraînant une diminution de la biodiversité.
- et la perturbation du réseau trophique aquatique.

On peut ainsi constater une mortalité de poissons par intoxication ou diminution de la teneur en oxygène et aussi un phénomène de bioaccumulation chez les vertébrés et invertébrés aquatiques (*LANCE, 2005*).

1.2.3. Enjeux socio-économiques

Sur un plan économique, la présence d'algues au niveau des plans d'eau peut avoir des retombées négatives sur le tourisme avec une atteinte à l'image du lieu. Une diminution de l'activité économique de la commune et/ou des gestionnaires des plans d'eau peut également être observée, lorsque par exemple une fermeture des activités (baignade, activités nautiques...) est décidée.

Dans le cas des sites destinés à l'adduction en eau potable, les proliférations peuvent contrarier le fonctionnement des procédés de traitement des eaux d'alimentation ; en grand nombre, les cyanobactéries peuvent en effet colmater les filtres. Le coût et le temps pour l'entretien deviennent rapidement des contraintes. Il est en outre nécessaire de suivre la production éventuelle de toxine dans le plan d'eau et de s'assurer de leur absence dans les eaux traitées.

De plus, l'absence de réglementation précise rend difficile la gestion et la mise en place d'actions en cas de risques d'intoxication par les cyanobactéries. Cette absence rend la communication de l'information très difficile, car sans preuve formelle du lien cause à effet (la prolifération induit les symptômes), il ne s'agit que de mesures de précaution et il peut être délicat d'informer le grand public sans créer une « panique ».

1.2.4. Réglementation : surveillance et contrôle des cyanobactéries

1.2.4.1. Eaux de baignade et d'activités nautiques

Au niveau européen, la qualité des eaux de baignade et de loisirs est régie par la directive 76/160/CEE adoptée en 1976. Cette directive ne comporte pas de cadre réglementaire pour la surveillance sanitaire des cyanobactéries. En revanche, l'article 8 de la nouvelle directive « eaux de baignade » 2006-7 CE du 15 février 2006, insiste sur le risque potentiel lié à la prolifération des cyanobactéries et demande à ce que des mesures de gestion immédiates soient prises afin de réduire l'impact sur la population.

En France, en l'absence de recommandations communautaires spécifiques à la surveillance et à la gestion des cyanobactéries, le CSHPF (Conseil supérieur d'hygiène publique de France) a émis un avis, le 6 mai 2003, reprenant l'avis de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) de 1998. Trois niveaux ont été retenus à partir desquels les risques sanitaires sont accrus. Pour chaque seuil, les mesures à prendre ont été définies, pouvant aller jusqu'à l'interdiction complète des activités sur le plan d'eau. (*Tableau 2*).

Niveau	Nombre de cyanobactéries et teneur en microcystine LR (l'une des toxines émises)	Recommandations
Niveau 1	Présence mais nombre < 20 000 cellules/ml ± 20 %	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion : information du public au niveau des zones de dépôts - Surveillance journalière renforcée, réalisation d'un comptage cellulaire et d'une identification bimensuelle des espèces
	Nombre compris entre 20 000 et 100 000 cellules/ml ± 20 %	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion : information du public au niveau des zones de dépôts et des zones d'usages - Surveillance journalière renforcée, échantillonnage, comptage cellulaire et identification hebdomadaire des espèces
Niveau 2	Nombre > 100 000 cellules/ml ±20 % ET Taux microcystine LR < 25 µg/L	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion : limitation de la baignade ; information du public au niveau des zones de dépôts et des zones d'usages - Surveillance : poursuite du suivi hebdomadaire
	Nombre > 100 000 cellules/ml ET Taux microcystine LR > 25 µg/L	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion : interdiction de la baignade et limitation d'usages de loisirs nautiques, information du public au niveau des zones de dépôts et des zones d'usages - Surveillance : poursuite du suivi hebdomadaire
Niveau 3	Forte coloration de l'eau et/ou formation de mousse ou d'écume	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion : interdiction de la baignade et toutes activités de loisirs nautiques, information du public au niveau des zones de dépôts et des zones d'usages - Surveillance : suivi de l'évolution des mousses ou écumes, poursuite du suivi hebdomadaire, suivi des concentrations en toxines au moins bimensuel

Tableau 2 : Recommandations du CSHPF en 2003 sur la surveillance et la gestion des eaux de baignade et de loisirs

Il faut noter que sur le plan strictement juridique, l'avis du CSHPF ou le rapport de l'AFSSA en 2006, ne peuvent s'imposer comme des avis à respecter et appliquer ; mais il est conseillé de suivre ces mesures de précaution.

1.2.4.2. Eaux destinées à la consommation

Pour l'alimentation en eau potable, dès 1998, les cyanotoxines font partie de la liste des constituants organiques évalués dans les directives de qualité pour l'eau de boisson de l'OMS. Le paramètre microcystine-LR, seule toxine pour laquelle une valeur toxicologique de référence a été fixée par l'OMS, a été introduit dans le code de santé publique en 2001 en France, applicable en décembre 2003. **La limite est fixée à 1µg/l dans les eaux distribuées.** En 2007, la Direction Générale de la Santé (DGS) recommande de rechercher les autres cyanotoxines et le paramètre microcystine est exprimé en équivalent M-LR du fait de l'absence d'étalon et de la caractérisation de 60 analogues¹.

Le cadre de l'étude se limite au Morbihan. Après avoir décrit ce phénomène de proliférations, la présentation de la situation dans le Morbihan permettra donc de préciser le contexte dans lequel s'inscrit cette étude.

1.3. Etat des lieux de la situation dans le Morbihan

1.3.1. Contexte hydrographique et plans d'eau du Morbihan

La Bretagne présente une densité hydrographique élevée, conséquence d'un climat relativement humide et de la faible perméabilité des sous-sols principalement à l'Est. Les bassins versants sont, en général, peu étendus. Le réseau hydrographique est varié : d'une part des très petits fleuves côtiers et d'autre part, quelques grandes rivières comme la Vilaine.

Le Morbihan ne fait pas exception à cette répartition : son réseau hydrographique (*Figure 3*) s'écoule sur le bassin de la Vilaine, celui du Blavet et sur ceux de divers bassins côtiers de taille réduite (Ellé, Scorff, Loc'h...).

Ce département compte 219 plans d'eau de plus de 0,1 ha pour une surface totale de plus de 1700 ha (0,02% de la superficie du département). Leur répartition est hétérogène : plus dense à l'est, au Centre-Bretagne et sur le littoral. Les plans d'eau inférieurs à 3 ha sont prédominants (59%) mais ne représentent que 12% de la surface totale des plans d'eau (*HUBAUD, PONT, 2000*). Les étangs, tous issus de dérivation, de source ou de barrage, sont connectés au réseau hydrographique.

La gestion des étangs doit intégrer différents problèmes : dégradation de la qualité de l'eau (eutrophisation), envasement, envahissement par des macrophytes. La prolifération des cyanobactéries est directement liée à la dégradation de la qualité de l'eau par le phosphore.

¹ Circulaire NDGS/SD7A n° 2007-39 du 23 janvier 2007 relative à la mise en oeuvre des arrêtés du 11 janvier 2007 concernant les eaux destinées à la consommation humaine, Direction Générale de la Santé.

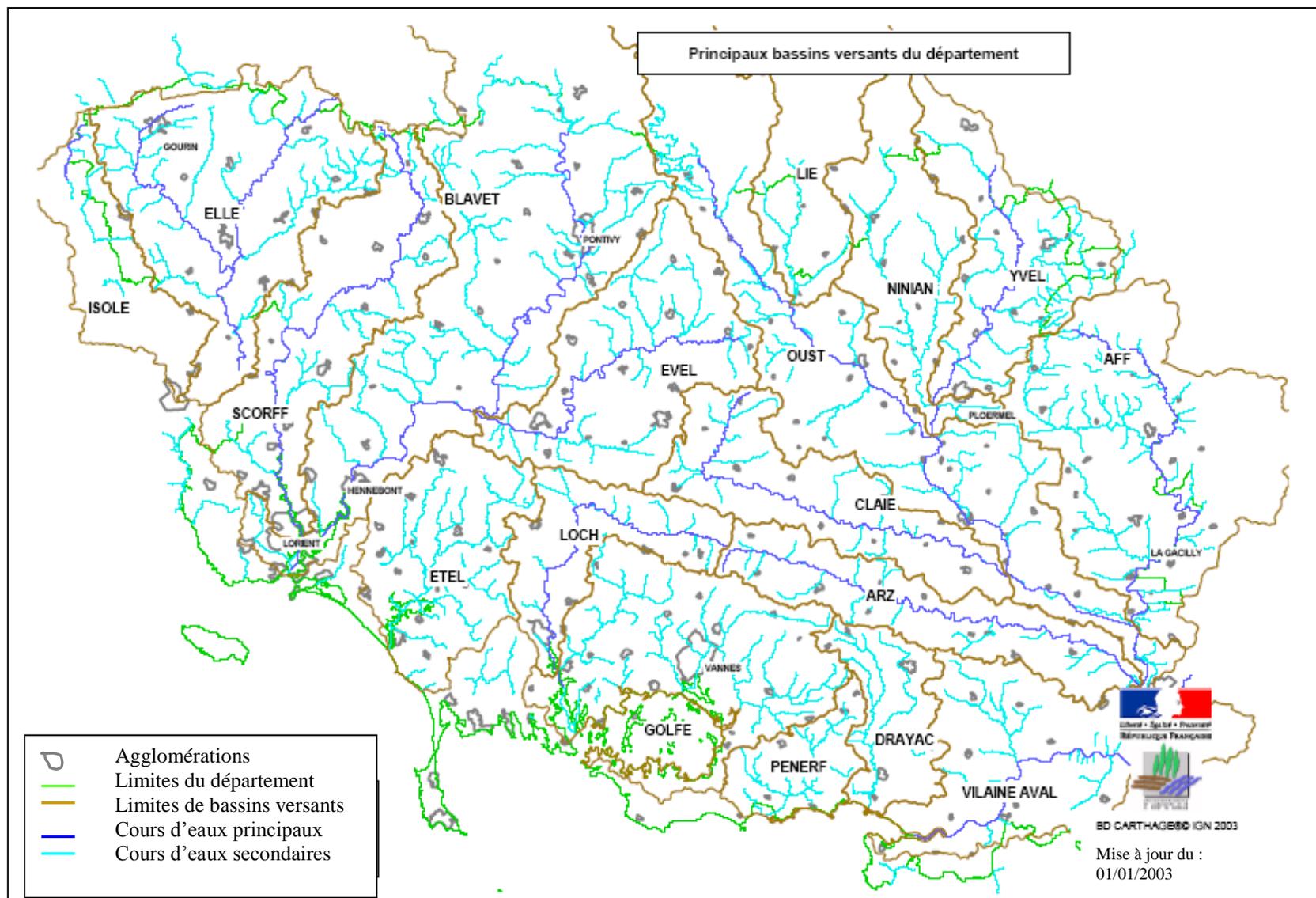


Figure 3 : Carte du réseau hydrographique du Morbihan et principaux bassins versants

1.3.2. Le phosphore et la problématique de l'eutrophisation dans le Morbihan

Le phosphore, élément essentiel à la vie n'a pas de toxicité propre et ne présente pas de risque sanitaire direct. Il peut néanmoins provoquer des dommages très importants à l'environnement et particulièrement au milieu aquatique au travers de son principal effet : l'eutrophisation. Ce phénomène est un enrichissement excessif du milieu en nutriments tels que le phosphore et l'azote, qui se manifeste par le développement d'algues et de végétaux aquatiques. En eaux douces, le phosphore se trouve en position de facteur « limitant » ou « contrôlant » la multiplication des algues (FROMANGE, NOVINCE, 2006).

Le niveau d'eutrophisation d'un milieu est défini par trois paramètres : la transparence, le phosphore total et la chlorophylle a. Les valeurs limites des catégories trophiques établies par l'OCDE (Tableau 3) sont les suivantes :

	Moyennes annuelles (OCDE)			
	Oligotrophe	Mésotrophe	Eutrophe	Hypertrophe
Secchi en m	> 6,0	6 à 3	3 à 1,5	< 1,5
P total (µgP/l)	< 10	10 à 35	35 à 100	> 100
Chl_a mg/m3	< 2,5	2,5 à 8	8 à 25	> 25

Tableau 3: Valeurs limites des catégories trophiques pour trois paramètres établies par l'OCDE (1982)

En Bretagne, l'**agriculture** et plus particulièrement l'élevage sont devenus les principaux exportateurs de phosphore vers les eaux avec une contribution indirecte par l'intermédiaire des sols qui se situerait entre 60 et 80 %. La part des **eaux usées urbaines** (ruissellement urbain, station d'épuration) a diminué et contribuerait à hauteur de 20 à 40 %. Les trois principaux lieux de stockage du phosphore sont **les sols**, les sédiments du réseau hydrographique et les sédiments estuariens (ANONYME, 2005a).

Un groupe de travail sur le phosphore a dressé en 2005 un état des lieux de la problématique dans le Morbihan. Les sols de la région, en situation de carence en phosphore à la fin de la seconde guerre mondiale, sont très réactifs vis-à-vis de cet élément, entraînant des transits lents entre la surface et les eaux souterraines. Dans le Morbihan, les sols et les milieux aquatiques sont devenus excédentaires en phosphates en une cinquantaine d'années. La teneur moyenne en phosphore dans le sol est estimée à 440 ppm avec la méthode Dyer (BERTRAND & al., 2005)(Figure 4).

Concernant les eaux usées urbaines, seules 12,5 % des stations d'épuration morbihannaises traitent le phosphore et 30 à 40 % de la population (soit 125 000 personnes) n'est pas raccordée au réseau d'assainissement collectif. Les réseaux d'assainissement autonomes de cet habitat diffus apportent, quant à eux, directement tout le phosphore au sol, puisqu'ils fonctionnent sans déphosphoration (ANONYME, 2005b).

Néanmoins, la teneur en phosphore total dans les eaux superficielles tend à se stabiliser avec même une légère baisse depuis 25 ans (BERTRAND & al., 2005). Cette teneur dans les cours d'eau morbihannais, de l'ordre de 0,05 à 0,2 mgP/l en 2004 (Figure 5), peut tout de même atteindre des pics de concentration supérieurs à 1 mgP/l en période d'étiage.

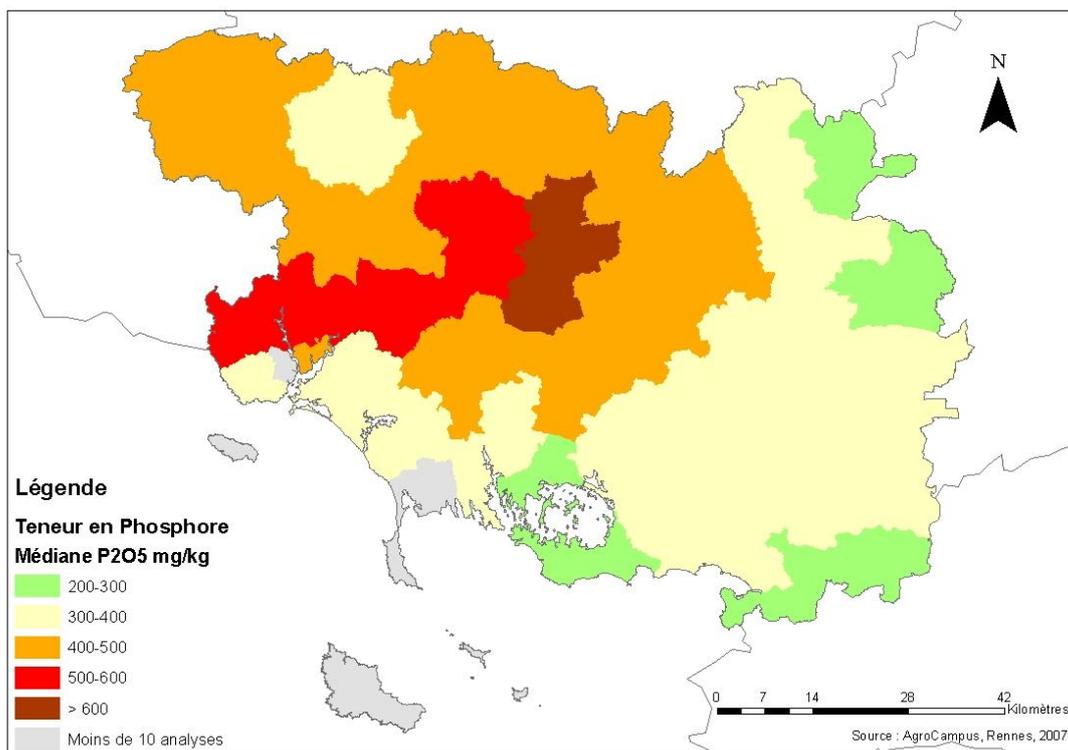
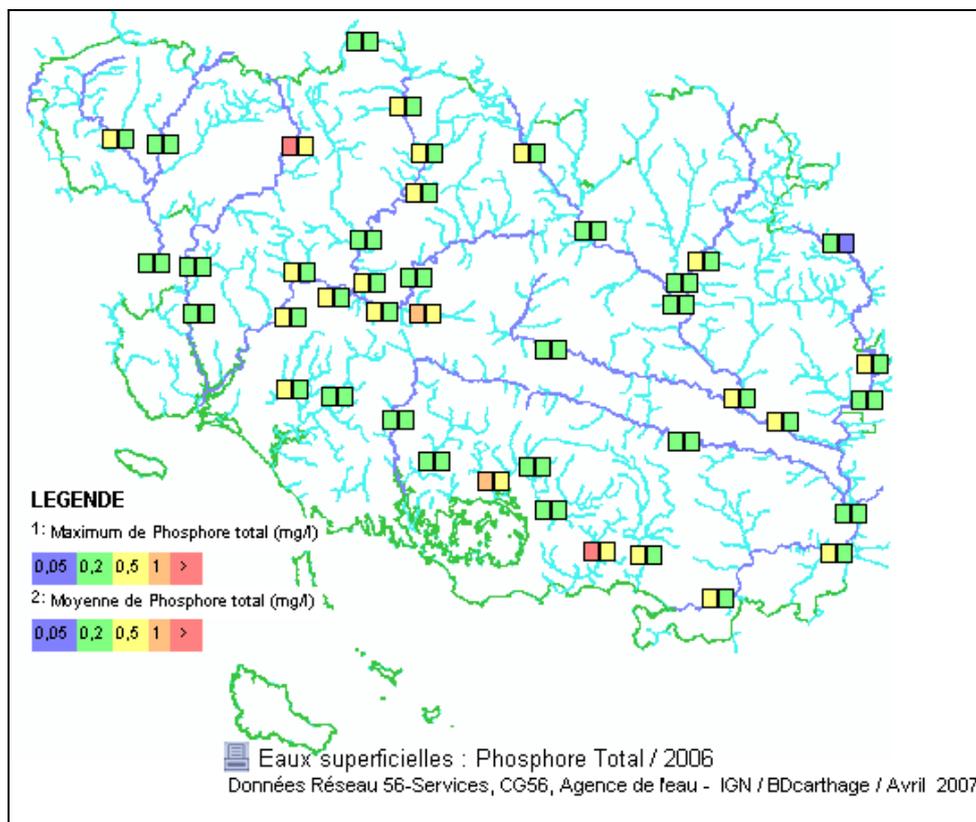


Figure 4 : Teneurs médianes cantonales en P Dyer dans les sols agricoles morbihannais, période 2000-2004.



¹Le carré de gauche représente la valeur maximum de phosphore total.

²Le carré de droite représente la valeur moyenne de phosphore total

Figure 5 : Teneurs en phosphore total dans les eaux superficielles du Morbihan en 2006

En absence de lien constaté entre le phosphore total dans l'eau et le développement algal d'une part et le développement des élevages ou les taux de nitrates dans les eaux d'autre part, le groupe de travail est arrivé aux conclusions suivantes :

- pour le flux entrant dans les milieux aquatiques, les conditions de transfert par érosion et ruissellement sont plus déterminantes que les stocks dans les sols.
- les rejets ponctuels ont un impact plus important que le phosphore d'érosion.

Les enjeux liés à l'eutrophisation touchent à des activités cruciales économiquement et socialement dont les principales sont : l'alimentation en eau potable (l'eutrophisation rend le traitement de l'eau de consommation plus difficile et coûteux), le tourisme et la conchyliculture sur le littoral.

La directive européenne 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines, prévoit que les Etats membres identifient les cours d'eau sensibles à l'eutrophisation ; cette cartographie n'est toujours pas disponible. Mais dans le Morbihan, les plans d'eau de plus de 50 ha sont tous sensibles à l'eutrophisation, à ce titre, ils ont été inclus dans les masses d'eau (grands étangs) de la DCE. Pour les cours d'eau, plus d'une rivière sur deux pose des problèmes de qualité de l'eau (*SOULARD, 2005*).

1.3.3. Emergence de la problématique cyanobactéries et démarches en cours dans le Morbihan

En Bretagne, la première prolifération de cyanobactéries a été mise en évidence dans les Côtes d'Armor en 1978, après la mise en eau de la retenue qui alimente Saint-Brieuc². Suite à une plainte au lac de Guerlédan en 1990, une trentaine de plans d'eau bretons ont été étudiés vis-à-vis des cyanobactéries de 1994 à 1999. Plus des trois quarts contenaient des cyanobactéries dont certaines espèces productrices de toxines (type hépatotoxine, §1.2.2.) (*BRIENT & al., 2001*).

1.3.3.1. Suivi sanitaire de la DDASS (2003-2007)

Dans le Morbihan, depuis 2003, un suivi sanitaire sur une dizaine de sites de baignade autorisée (9 sites en 2007 + Lac au Duc) est réalisé par la DDASS, en lien avec les recommandations du CSHPF (§1.4.).

Le comportement algal est très différent d'un site à l'autre (*Tableau 4*) (*Annexe 1*). Lors de la dernière campagne en 2007, de nombreux sites ont été interdits à la baignade malgré les conséquences économiques. En effet, on constate (*Tableau 4*) que 7 sites sur 10 ont dépassé les 100 000 cellules par ml, correspondant au niveau 2 des recommandations du CSHPF (§ 1.2.4.1).

L'évolution du nombre de cyanobactéries sur les sites suivis par la DDASS depuis 2003 semble indiquer une aggravation et montre la complexité de ce phénomène de proliférations. Les variations sont de divers ordres :

- une variation interannuelle : le cas de Noyal-Pontivy montre, par exemple, que chaque année, le seuil maximum de cyanobactéries peut être différent. En 2004 et en 2007, il

² Site Internet : <http://www.univ-ubs.fr/ecologie/cyanophycees.html>

	2003	2004	2005	2006	2007
Carentoir	73 832	174 433	344 000	133 013	343 947
Langonnet	12 400	10 035	29 024	106 667	150 212
Melrand	18 340	253 235	3 072 768 ▲	252 527	–
Noyal pontivy	8 000	268	32 000	513 600	13 190
Plouray	507 320 ▲	520 000 ▲	595 487 ▲	22 920	596 393
Pluherlin	459 371 ▲	983 333 ▲	650 730 ▲	5 500 800	772 919
Priziac	–	–	27 332	2 315 405	155 834
Rohan	88 800	1 953 750 ND	5 135 000	1 312 800	90 169
St Dolay	4 176	–	53 942	180 637	731 720
St Aignan	–	26 172	114 775	29 708	22 821
Lac au Duc	194 640 ▲	57 052	515 030 ▲	683 658	1 250 459

0 - 20 000
20 000 - 100 000
> 100 000 cellules/ml



Source : DDASS, LDA 56, CGI, Ecobio, 2007

▲ Présence de cyanotoxines (dosage Microcystine LR)
ND Pas de dosage réalisé

Tableau 4 : Résultats du suivi sanitaire de la DDASS et du Lac au Duc (maximum de cyanobactéries et présence de cyanotoxines)

	2004	2005	2006	2007
Carentoir	Info. public + limitation baignade du 22/06 au 06/07	<i>Seuil < niveau 1 en pleine saison</i>	Info. public + fermeture à 2 reprises	NC
Langonnet	Info. public + fermeture du 15/06 au 22/06	<i>Seuil < niveau 1 en pleine saison</i>	Info. public + fermeture du 17/07 au 24/07	NC
Melrand	Info. public + fermeture du 4/06 au 22/06 et du 08/07 au 03/08	Info. public + fermeture du 11/07 au 13/09	Fermeture ponctuelle début juillet et du 14/08 au 04/09	Non suivi
Noyal pontivy	<i>Seuil < niveau 1</i>	<i>Seuil < niveau 1</i>	Info public	<i>Seuil < niveau 1</i>
Plouray	Info. public + fermeture du 18/08 au 20/09	Fermeture du 6/06 au 21/06 + info. public	Info. public en septembre	NC
Pluherlin	Info. public + limitation baignade du 06/08 au 01/10	Info. public + fermeture en septembre	Info. public + fermeture toute la saison sauf du 10 au 31/07	NC
Priziac	<i>Non suivi</i>	Info. public	Info. public + fermeture baignade et limitation activités nautiques à partir du 17/07	NC
Rohan	Info public + fermeture toute la saison	Fermeture toute la saison	Baignade interdite depuis juin 2005 (panneaux)	Info public
St Dolay	<i>Non suivi</i>	<i>Seuil < niveau 1</i>	Info. public + fermeture baignade et limitation activités nautiques au-dessus du niveau 2	NC
St Aignan	Info. public	Fermeture au-dessus du niveau 2	Info. public	Info public

Tableau 5 : Synthèse des actions menées et des décisions prises suite au suivi des campagnes de la DDASS entre 2004 et 2007. Source : DDASS 56.

n'y a presque pas de cyanobactéries sur le plan d'eau alors qu'en 2006, on atteint un pic de plus de 513 000 cellules/ml (*Tableau 4*).

- une variation intra annuelle : celle-ci est spécifique aux efflorescences qui peuvent avoir lieu sur une courte période. A Pluherlin, en 2006 (*Annexe 1*), par exemple, deux pics début juillet et fin août sont observés alors que mi-juillet, le seuil se situe en dessous des 100 000 cellules/ml.

- une variation de l'intensité des proliférations. D'un site à l'autre, en 2007 (*Tableau 4*), le nombre de cyanobactéries dépasse 1 250 000/ml au Lac au Duc alors qu'à St Aignan le maximum est de 23 000 cellules/ml environ.

- une variation des espèces présentes. Selon les sites et l'année, les espèces identifiées ne sont pas les mêmes. En 2005, tout au long de la campagne, à Plouray, les espèces *Plankthotrix* et *Microcystis* sont présentes mais aucune cyanobactérie de type *Anabaena* n'est identifiée alors qu'à Langonnet, l'espèce *Plankthotrix* n'apparaît que mi-août et *Microcystis* est absente sur le plan d'eau. En revanche, *Anabaena* est présente en continu.

Cette variabilité des espèces implique une variabilité du risque dû aux cyanotoxines, car une espèce ne produit pas forcément des toxines. D'après le *Tableau 4*, des cyanotoxines ont été constatées uniquement sur quelques sites. Malgré des pics de prolifération importants en 2006 et en 2007, aucune cyanotoxine (dosable) n'a été observée.

Pour chacun de ces sites, les actions mises en place figurent dans le *Tableau 5*.

1.3.3.2. Lac au Duc

Suite à la mortalité d'une tonne de poissons fin août 2001 sur le lac au Duc à Ploërmel, un comité local de vigilance s'est mis en place en mars 2002 pour essayer de connaître les origines des proliférations et proposer des actions pour les limiter. Le protocole consiste à effectuer des mesures et des prélèvements toutes les semaines d'avril à octobre sur 3 points du lac. Les éléments mesurés *in situ* sont la température, l'oxygène dissous, le pH et les hauteurs d'eau. En laboratoire, les analyses sont la teneur en chlorophylle a, l'identification et le dénombrement des microalgues, les nitrates, l'ammonium, le fer et le manganèse. Quelques résultats sont donnés dans le *Tableau 4*.

Les actions engagées étaient des traitements algicides au sulfate de cuivre lorsqu'un début de proliférations était identifié, mais des conséquences néfastes sur les peuplements algaux et les sédiments, ainsi qu'un risque d'accumulation du cuivre dans la chair de poissons, ont été supposés. Cette solution a donc été abandonnée depuis 2005. L'installation d'aérateurs dans la colonne d'eau a également été réalisée, mais le résultat est peu concluant et les inconvénients engendrés expliquent l'abandon de cette technique. Une nouvelle campagne de suivi a eu lieu en 2007 dès début avril ; les résultats sont présentés dans la dernière partie « résultats » (§ 3.1.4).

1.3.3.3. Autres démarches en cours dans le Morbihan

Etang de la Forêt : Ce plan d'eau n'est pas concerné pas la baignade surveillée mais de nombreuses activités de loisirs y sont pratiquées, ainsi que la pêche. Depuis 2005, la Communauté de Communes du Loc'h a mis en place un suivi des proliférations de cyanobactéries de mi-juin à mi-octobre. Une forte présence de cyanobactéries a été observée lors des deux campagnes précédentes. L'utilisation de l'étang à des fins récréatives nécessite donc une vigilance particulière et un suivi planctonique rigoureux. Le suivi a été reconduit en 2007 et les résultats n'ont pas montré de proliférations de cyanobactéries tout au long de la campagne de suivi (<< 20 000 cellules/ml).

Etang du Dordu : Depuis 2003, un suivi des cyanobactéries est réalisé entre juillet et fin octobre, révélant des taux importants de cyanobactéries. En 2006, un taux de toxines fortement accru à l'automne est constaté. Un diagnostic fonctionnel de l'étang a donc été réalisé en octobre 2006 (*PITTOIS, MOREAU, 2006*). La solution d'aménagement retenue dans un premier temps est une mise à sec partielle de l'étang. Les résultats 2007 indiquent une prolifération des cyanobactéries supérieure au niveau 1 toute la durée de la campagne et supérieure au niveau 2 tout le mois d'août (pic maximum de 709 660 cellules/ml, fin août) (*Annexe 2*).

Moulin Neuf : En 2005, une étude de BERTRAND au sein de l'ODEM, a permis de caractériser le phénomène de proliférations sur l'étang du Moulin Neuf. Suite au constat de proliférations des cyanobactéries, un diagnostic du bassin versant de l'étang a été réalisé en 2006 (*GRENEUX & al., 2007*).

L'ensemble des démarches entreprises dans le Morbihan a été initié il y a quelques années seulement. Pour expliquer l'évolution de ce phénomène, des résultats, sur une plus longue période avec un protocole fixé, sont donc nécessaires.

1.4. Objectifs d'un suivi complémentaire et de l'étude

1.4.1. Objectifs du réseau de suivi environnemental des cyanobactéries

L'étude de BERTRAND (2005) met en évidence que le suivi sanitaire des baignades autorisées, pratiqué par la DDASS, ne permet pas de disposer d'un état de connaissance suffisant sur la situation dans le Morbihan. Les sites ayant des enjeux touristiques, économiques ou piscicoles autres que la baignade autorisée ne sont en effet pas considérés par le suivi sanitaire de la DDASS. L'avis de l'AFSSET (2006) souligne pourtant que tous les contacts récréatifs n'ont pas lieu au sein de zones surveillées et qu'il serait utile d'identifier et de classer les sites selon leurs niveaux de risque.

En outre, les résultats issus du suivi DDASS depuis 2003 semblent plutôt traduire une tendance à l'aggravation du phénomène. L'acquisition de connaissances sur un plus grand nombre de plans d'eau serait utile pour mieux appréhender les évolutions éventuelles. Il apparaît donc nécessaire de mettre en place un réseau de suivi environnemental, complémentaire au réseau sanitaire existant, le sujet de cette étude.

Les objectifs d'un tel réseau sont :

- de mieux connaître la situation et l'évolution des cyanobactéries,
- de mieux comprendre le phénomène et les facteurs intervenants,
- de proposer *in fine* des actions de gestion.

Ce réseau de suivi se définit comme « environnemental ». Il viendrait compléter le suivi sanitaire réalisé par la DDASS et s'inscrirait dans la problématique générale de l'eutrophisation. Il prendrait en compte l'ensemble des plans d'eau morbihannais présentant des enjeux vis-à-vis de l'eutrophisation en général et de la prolifération des cyanobactéries en particulier : activités nautiques, baignade non autorisée, site riche en biodiversité, pêche, tourisme, adduction en eau potable... et les caractéristiques environnantes de chaque plan d'eau (bassin versant, météo, type d'alimentation en eau, occupation des sols...).

L'objectif est de collecter des données qui pourront être utilisées ensuite par chaque structure partenaire du réseau selon ses compétences (gestion sanitaire pour la DDASS, protection de la ressource en eau pour le CG, analyse des processus pour des laboratoires scientifiques...). Le traitement de ces informations permettrait de mieux comprendre le fonctionnement des plans d'eau et aiderait à l'identification des facteurs intervenants dans le processus de proliférations des cyanobactéries.

1.4.2. Problématique de l'étude de faisabilité

En tenant compte de ces objectifs pour le réseau, la présente étude consiste donc à évaluer la faisabilité, d'un point de vue technique, organisationnel et financier, de la mise en place au niveau départemental de ce réseau de suivi environnemental des cyanobactéries.

Pour répondre à cette problématique, les différentes questions peuvent être posées pour chacune des trois grandes parties de la démarche méthodologique adoptée (§ 2.1.), qui correspondent aux trois parties de l'étude de faisabilité : collecte, gestion et valorisation des données. Ce découpage permettra d'évaluer plus précisément les moyens nécessaires et les personnes impliquées.

	Collecte des données	Gestion des données	Valorisation des données
Principales questions	<p>Les acteurs locaux sont-ils intéressés par un tel projet ?</p> <p>Comment choisir les sites à enjeux qui formeront ce réseau ?</p> <p>Quel protocole de suivi mettre en place sur les plans d'eau morbihannais et avec qui ?</p>	<p>Quel outil mettre en place ? Qui l'utilise et saisit les données collectées ?</p> <p>Qui valide les données ?</p>	<p>Comment utiliser les résultats comme outil de connaissance et de conseil ?</p> <p>A qui et sous quelles formes communiquer l'information ?</p>

Synthèse : Contexte et problématique de l'étude

Dans le cadre de la mise en oeuvre de la Directive Cadre sur l'Eau, le Conseil Général du Morbihan s'intéresse à la qualité de l'eau de son réseau hydrographique et plus précisément au problème d'eutrophisation. Les proliférations de cyanobactéries sont un phénomène directement en lien avec l'eutrophisation. Le Conseil Général a donc commandité une étude de faisabilité de mise en place d'un réseau de suivi environnemental des cyanobactéries.

En Bretagne et dans le Morbihan en particulier, les sols et les milieux aquatiques sont devenus riches en phosphore en une cinquantaine d'années. Les sources de phosphore sont principalement l'agriculture avec l'élevage et les eaux usées urbaines.

Les proliférations de cyanobactéries peuvent perturber le fonctionnement des écosystèmes aquatiques et les usages de l'eau, notamment par la production de toxines. Des symptômes sur l'Homme peuvent alors être observés lors d'un contact avec ces cyanotoxines.

L'abondance des nutriments et la stabilité de la colonne d'eau sont des facteurs favorisant les proliférations essentiellement en période estivale et en début d'automne.

En cas de proliférations, aucune réglementation, pour les eaux récréatives, n'existe mais un avis du CSHPF donne plusieurs recommandations selon le niveau de proliférations : allant de l'information du public à l'interdiction de la baignade. Les eaux de consommation doivent, en revanche, respecter un seuil de 1 µg/l de M-LR dans les eaux traitées.

Depuis 2003, dans le Morbihan, les cyanobactéries dans les plans d'eau de baignade autorisée sont suivies par la DDASS entre fin juin et fin août. Mais d'autres plans d'eau ayant principalement des activités nautiques s'y sont également intéressés et ont mis en place une surveillance des proliférations de cyanobactéries (étang de la Forêt, lac au Duc...).

Suite à ces précédentes campagnes montrant l'évolution du phénomène de proliférations, l'intérêt d'un réseau de suivi environnemental serait d'étendre le suivi sur l'ensemble des plans d'eau du Morbihan présentant des enjeux vis-à-vis de l'eutrophisation, aussi bien sanitaires, environnementaux que socio-économiques.

Les objectifs de ce réseau sont :

- de mieux connaître la situation et l'évolution des cyanobactéries,
- de mieux comprendre le phénomène et les facteurs intervenants,
- de proposer *in fine* des actions de gestion.

La problématique de cette présente étude consiste à évaluer la faisabilité, d'un point de vue technique, organisationnel et financier, de la mise en place au niveau départemental d'un réseau de suivi environnemental des cyanobactéries.

2. Démarche méthodologique

2.1. Démarche méthodologique générale

La démarche méthodologique s'articule autour des 3 étapes d'un projet de réseau de suivi : collecte, gestion et valorisation des données (*Tableau 6*).

Etapes du suivi	Moyens méthodologiques mis en œuvre pour l'étude de faisabilité
Collecte	<ul style="list-style-type: none">- Choix des sites à enjeux et des sites tests- RV avec les acteurs morbihannais concernés- Mise en place d'un protocole- Suivi sur le terrain entre mai et septembre- Evaluation du protocole par des questions aux acteurs locaux
Gestion	<ul style="list-style-type: none">- Construction de la base de données- Saisie des informations des sites tests
Valorisation	<ul style="list-style-type: none">- Questionnaire auprès des acteurs locaux- Analyses d'autres expériences (biblio)

Tableau 6 : Synthèse de la démarche méthodologique pour chaque partie de l'étude.

- Pour la collecte des données, les modalités du protocole de suivi des cyanobactéries sont établies à partir de la bibliographie déjà existante et de l'expérimentation sur les sites tests.

Deux scénarii sont testés :

- a) Des sites tests sont suivis entre mai et septembre avec des mesures in situ hebdomadaires et des observations sur le terrain quotidiennes. Le déclenchement du prélèvement pour les analyses en laboratoire a lieu à partir du seuil de 100 µg/l avec la sonde à phycocyanine (PC) (§ 2.2.3.a + *Annexe 3*). Après la première analyse, la périodicité est de deux analyses par mois, tant que le seuil de 100 µg/l est atteint.

Les sites tests suivis sont choisis à partir d'une liste de sites à enjeux, qui sera établie à l'aide de la bibliographie.

- b) Une seule campagne de mesure est effectuée au mois de septembre, bon indicateur du phénomène d'après la bibliographie (*BRIENT & al., 2001 et LEVI & al., 2006*), sur tous les sites à enjeux. Une mesure sur le terrain est réalisée et les prélèvements pour les analyses en laboratoire sont systématiques.

En revanche, l'hypothèse, de suivre quelques sites témoins et lorsque l'un d'entre eux montre une prolifération de cyanobactéries, de déclencher le suivi sur l'ensemble des sites, ne peut être retenue. En effet, les résultats disponibles montrent une très grande variabilité des situations dans le Morbihan, sans corrélation simple avec des plans d'eau types. A partir de la liste de sites à enjeux, il n'est donc pas possible de déterminer des sites représentatifs de l'ensemble des plans d'eau du Morbihan.

A partir de ces expérimentations et des réactions des acteurs locaux, une discussion sur la faisabilité de la collecte est réalisée, ainsi qu'une évaluation du coût financier.

- Pour la gestion de données, la conception et la construction d'une base de données (sous Access) est envisagée afin d'examiner comment centraliser l'ensemble des informations collectées.
- Enfin, afin de valoriser ces données, une réflexion, sur le mode de communication de l'information et sur la façon d'utiliser les données, est menée. Dans ce but, un questionnaire sera distribué aux partenaires locaux pour évaluer leurs attentes et leurs critiques par rapport au suivi.

2.2. Collecte des données

2.2.1. Caractéristiques de l'échantillonnage des sites à enjeux

Pour établir la liste des sites à enjeux, en complément de la bibliographie sur les études déjà menées dans le Morbihan pour la problématique des cyanobactéries, différents acteurs à l'échelle du département et à l'échelle des bassins versants ont été rencontrés. L'objectif est d'avoir une idée de la sensibilisation que les acteurs ont sur ce sujet, des sites qu'ils considèrent comme des sites à enjeux et les actions qu'ils ont déjà pu mener dans le Morbihan.

En lien avec la demande du Conseil Général, les 2 critères principaux considérés pour établir cette liste de sites à enjeux sont :

- les activités sur les sites induisant des enjeux touristiques, économiques, sanitaires et écologiques
- des problèmes d'eutrophisation constatés ou suspectés.

Les principales activités à enjeux retenues sont : les activités nautiques, l'adduction en eau potable, la pêche, la baignade non autorisée.

Grâce à toutes ces informations, nous avons pu établir une liste de 25 sites, sans compter les 9 sites déjà suivis par la DDASS (*Figure 6*). Cette liste n'est pas exhaustive et pourra être complétée, en particulier par des portions de cours d'eau localisés pour lesquels les critères précédents sont vérifiés. De même, pour cette première étude, les sites appartenant à des propriétaires privés n'ont pas été retenus. De plus, de nouveaux sites de baignades non autorisées pourraient être mis en évidence en raison de la récente circulaire³ demandant l'inventaire de tous les sites de baignade.

2.2.2. Caractéristiques des sites tests (suivi de mai à septembre)

a. Echantillonnage des sites tests

L'expérimentation pour la collecte des données s'effectue sur 3 sites tests. Pour des raisons de temps et de logistique, il était difficile de suivre plus de 3 sites et en dessous de 3

³ Circulaire N°DGS/EA4/8 DE/DGCL/2007/234 du 13 juin 2007 relative au premier recensement des eaux de baignade en métropole, <http://texteau.ecologie.gouv.fr>, consulté le 25/09/2007.

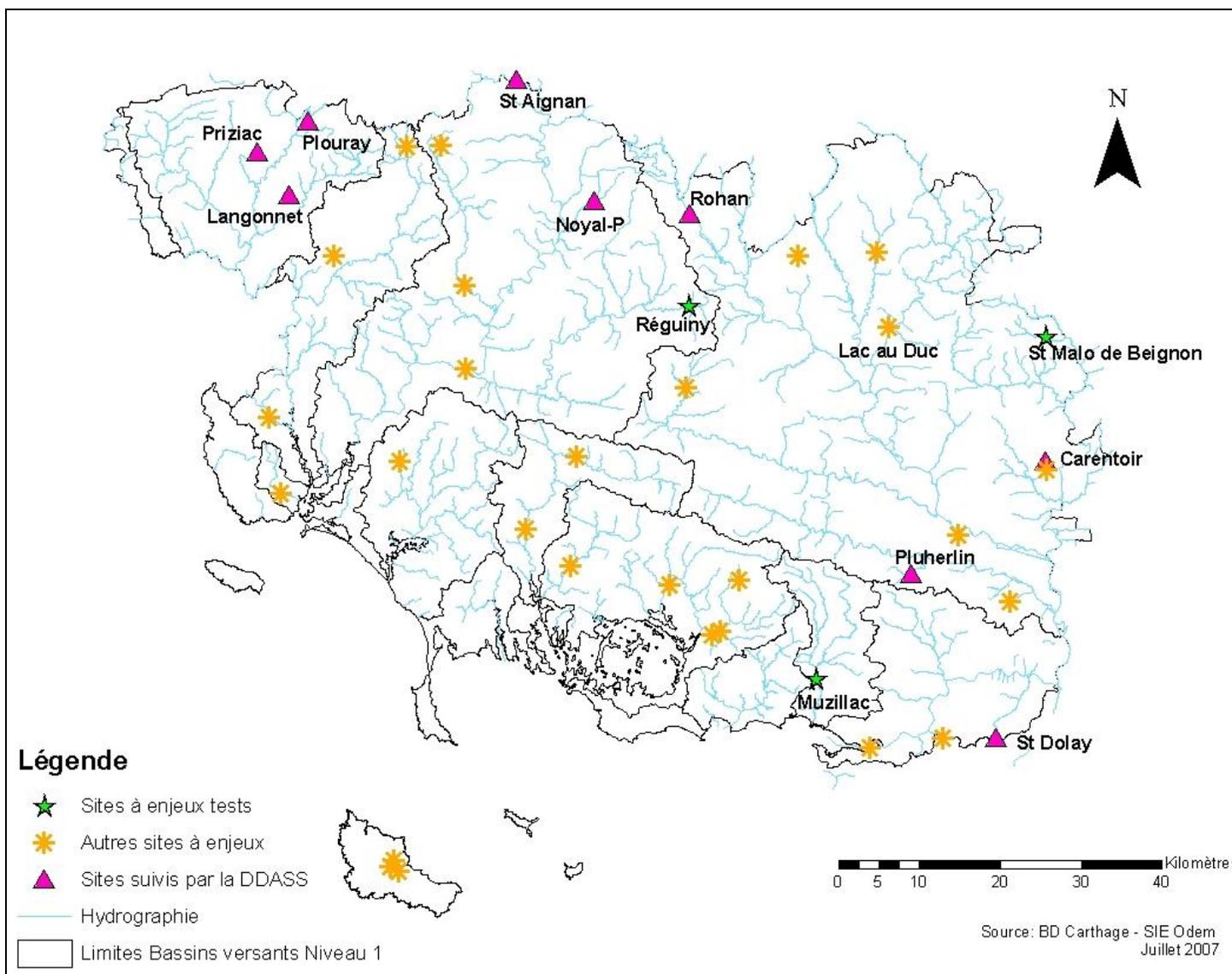


Figure 6 : Carte localisant les sites à enjeux « cyanobactéries » sélectionnés dans le Morbihan

sites, on limitait les critères de sélection. Avec 3 sites, les différentes activités sont représentées.

Les critères de choix pour les 3 sites tests, au sein des sites à enjeux, sont :

- des acteurs locaux variés sur les sites. En effet, l'un des objectifs est d'étudier les différentes possibilités, selon les activités, de partenariat pouvant s'intégrer dans ce réseau.
- la proximité entre les 3 sites suivis pour optimiser le temps de travail sur le terrain.

Les sites sélectionnés selon ces critères sont : l'étang du Bolan à Réguiny, l'étang d'Aleth à St Malo de Beignon et l'étang de Pen Mur à Muzillac (localisés par une étoile verte sur la *figure 6*).

La partie suivante présente les caractéristiques de ces sites tests et les expérimentations de réseau de suivi qui ont été mises en place pour l'étude.

b. Présentation des sites tests

Cette brève présentation des trois sites (*Tableau 7*) donne des paramètres qui pourront être pris en considération dans l'analyse des résultats obtenus lors du suivi des cyanobactéries sur le terrain. Néanmoins, pour chaque site, le diagnostic du bassin versant ne rentre pas dans le cadre de ce travail ; seules, quelques observations ont été menées pour caractériser les risques potentiels de pollution. Les stations de mesures sont définies par la suite (§ 2.2.3. a.), mais elles sont visibles sur les cartes suivantes (*Figures 7, 8, 9*).

Etang	Commune	Superficie	Prof. max.	Superficie du BV	Propriétaire	Gestionnaire	Activités
Bolan	Réguiny	8 ha	2,5 m	3782 ha	Mairie de Réguiny		Voile + pêche
Aleth	St Malo de Beignon	6 ha	2 m	2157 ha	Mairie de St Malo de Beignon	C.C du Pays de Guer	Port miniature + pédalos + pêche
Pen Mur	Muzillac	36 ha	2,6 m	12 482 ha	Conseil Général du Morbihan		Eau potable (AEP) + pêche

Tableau 7 : Synthèse des principales informations pour les 3 sites suivis en 2007 dans le cadre de l'étude

Etang du Bolan à Régigny : situé sur le bassin versant de l'Evel, au centre Nord du département. Le bassin versant de l'étang présente un caractère très agricole. L'occupation du sol est la suivante : 2,6 % de forêt, 90,6 % de surfaces agricoles (dont 11% en prairies) et 6,8% de territoires artificialisés (BD Corine Land Cover 56, 2000) (Annexe 6).

Ce plan d'eau est également aménagé pour la promenade. (Figure 7).

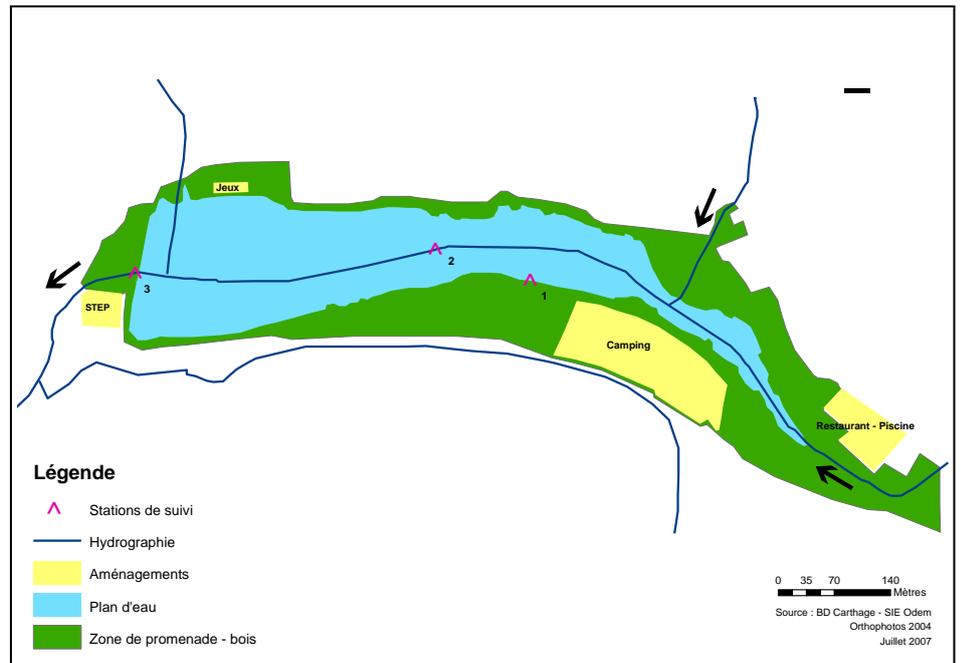


Figure 7 : Carte du plan d'eau de Régigny

Etang d'Aleth à St Malo de Beignon : situé sur le bassin versant de l'Aff, au Nord Est du département. L'occupation du sol du bassin versant est la suivante : 79,5 % de forêt, qui est utilisée par le camp militaire de St Cyr-Coëquidan, 13,7 % de surfaces agricoles (principalement des cultures) et 6,8% de territoires artificialisés (BD Corine Land Cover 56, 2000) (Annexe 6).

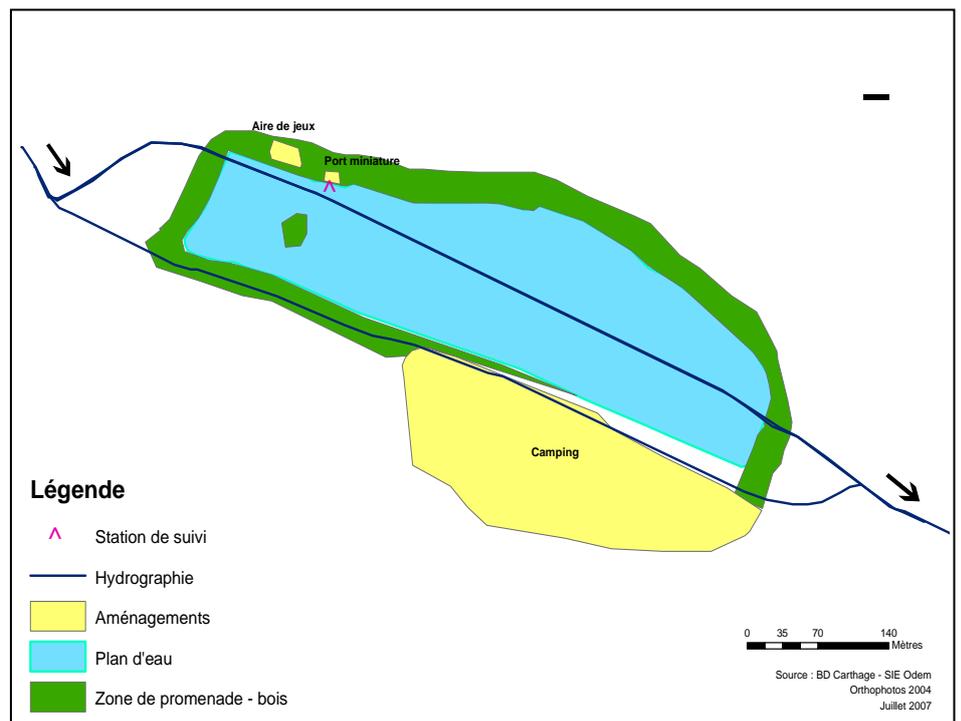


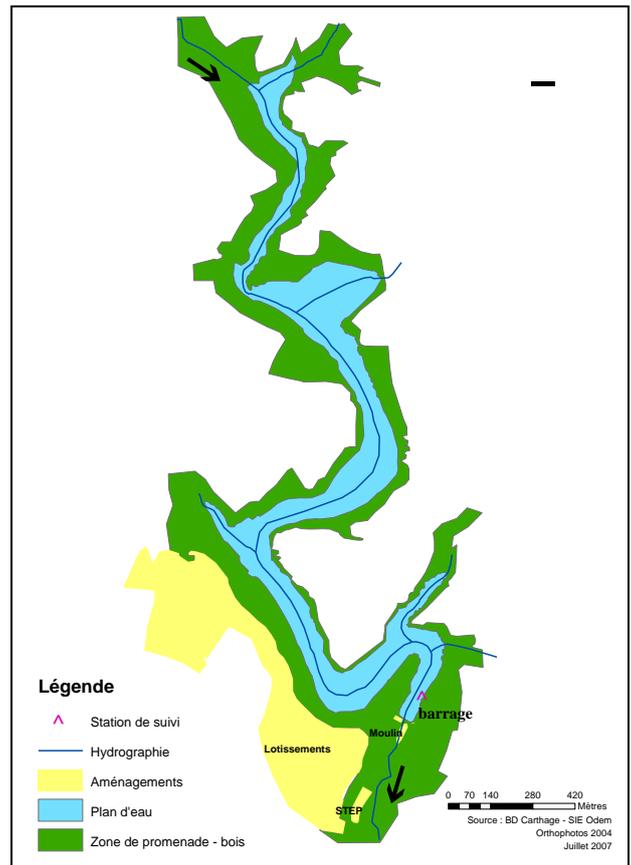
Figure 8 : Carte du plan d'eau de Saint Malo de Beignon

Le périmètre proche aménagé pour la promenade, est essentiellement boisé, à l'exception du camping au Sud et de la route au niveau de l'exutoire (Sud Est) (Figure 8). L'activité de baignade peut également avoir lieu mais de façon occasionnelle.

Etang de Pen Mur à Muzillac : situé sur le bassin versant du St Eloi, au Sud Est du département. L'occupation du sol de ce bassin versant est: 9,9 % de forêt, 86,6 % de surfaces agricoles (dont 18,7% en prairies) et 3,5% de territoires artificialisés (BD Corine Land Cover 56, 2000) (Annexe 6).

Le Conseil Général du Morbihan est propriétaire et gestionnaire du plan d'eau, en raison du statut E.N.S (Espace Naturel Sensible). L'activité principale d'adduction en eau potable, est gérée par le groupe Veolia. Une station d'épuration se situe en aval du plan d'eau sous l'ancien moulin (Figure 9).

Figure 9 : Carte du plan d'eau de Muzillac



D'autres paramètres sur ces sites ont été référencés en Annexe 6 à partir des observations terrain et de la bibliographie.

2.2.3. Protocoles d'expérimentation

Les protocoles d'expérimentation consistent à tester les moyens, le temps nécessaire et l'investissement des acteurs locaux dans un tel réseau de suivi.

Tout d'abord, pour le **premier scénario**, sur les 3 sites tests, le suivi se déroule **entre le 4 mai et le 31 septembre 2007**, couvrant ainsi en grande partie la période de risque de proliférations des cyanobactéries (§ 1.2.1.). Le protocole se divise en deux étapes : les mesures sur le terrain et les analyses en laboratoire.

a. Mesures sur le terrain

La démarche adoptée vise à caractériser la dynamique de prolifération spatiale et temporelle en prenant en compte différents paramètres en rapport avec la météo, la masse d'eau sur le site ou les activités.

❖ **Paramètres suivis** (Figure 10)

Le choix des paramètres suivis est fait à partir de la bibliographie (BRIENT & al, 2001 ; BERTRAND, 2005). Ils permettent de prendre en compte la majorité des facteurs intervenant sur le milieu. Les seuls paramètres, qui n'ont pas été inclus, pour des raisons de coût, sont les analyses chimiques (Phosphore, Nitrates...). Mais elles pourront utilement compléter la démarche afin de connaître l'origine du problème, lors de la mise en place de diagnostics et d'actions.

Paramètres météorologiques

Température de l'air
Temps (ensoleillé, couvert ou pluvieux)
Vent (absent, sensible ou fort)

Paramètres en lien avec les activités

Fréquentation du site
Plaintes
Faits surprenants

Paramètres en lien avec l'aspect de l'eau

Couleur et texture de la surface de l'eau
Observations sur la faune et la flore
Transparence

Mesure sonde à phycocyanine
Température de l'eau
PH
Oxygène dissous

Figure 10 : Paramètres étudiés lors du suivi des cyanobactéries

Les paramètres en bleu sont uniquement suivis par le technicien départemental (cf.infra).

- Couleur et texture de la surface de l'eau

La couleur de l'eau est évaluée sur le plan d'eau en général et plus particulièrement au niveau des berges où il peut y avoir une accumulation avec le vent. La texture correspond à l'aspect du phénomène observé, l'efflorescence peut se présenter comme un film très fin en surface, un fin filet sur les berges, une accumulation plus épaisse ou encore un dépôt sur les roches.

Une planche de photos a été réalisée et mise à la disposition des observateurs sur le terrain. Elle représente différentes situations pouvant être constatées dans le Morbihan (types d'efflorescences (texture), plantes aquatiques, couleur de l'eau...) (Annexe 7). Son objectif est de simplifier le travail sur le terrain. En ayant une référence numérotée, les observations ont ainsi plus d'homogénéité pour l'interprétation d'un site à l'autre et d'un observateur à l'autre.

- Mesure de la transparence

Conformément à la directive 76/160/CEE relative à la qualité des eaux de baignade, les valeurs guide et impérative, pour ce critère visuel, sont respectivement 2 m et 1 m. L'avis du CSHPF (6 mai 2003) propose également de suivre ce paramètre pour la surveillance des plans d'eau. En effet, il est probable que la modification de la transparence constitue un signal de début de prolifération d'algues à partir du moment où les mesures sont réalisées dès le début de la saison (en avril-mai). La transparence est observée grâce à un disque de Secchi (Figure 11).



Figure 11 : Photo du disque de Secchi

- Mesure avec la sonde à fluorescence (phycocyanine)

Cette sonde immergeable (*Figure 12*) permet de mesurer le niveau de contamination en cyanobactéries du plan d'eau. Cette sonde à fluorescence est spécifique à la phycocyanine, pigment présent essentiellement chez les cyanobactéries. La sonde donne une mesure instantanée de la teneur en phycocyanine et par corrélation une estimation de la concentration en cyanobactéries. Cette sonde sature, sur le terrain, à 100 µg/l, l'équivalent de 100 000 cyanobactéries/ml environ (en laboratoire des obturateurs permettent d'obtenir des valeurs jusqu'à 800 µg/l). Des informations complémentaires sur la sonde sont en *Annexe 3*.



Figure 12 : Photo de la sonde à phycocyanine

- Mesures physico-chimiques

Trois paramètres physico-chimiques de l'eau (température, oxygène dissous et pH) sont mesurés à l'aide d'une sonde oxymètre - pHmètre (*Figure 13*), simultanément aux mesures à la sonde à phycocyanine.



Figure 13 : Photo de la sonde oxymètre- pHmètre

❖ Modalités des mesures (fréquence, acteurs, stations de mesures)

La fréquence pour le suivi des paramètres précédents sur le terrain s'effectue en deux temps : un suivi quotidien par un acteur local et un suivi hebdomadaire par un technicien départemental.

Les acteurs locaux mobilisés pour réaliser le suivi quotidien sur les sites tests figurent dans le *Tableau 8* suivant :

Sites tests	Acteurs locaux
St Malo de Beignon	- Technicien de la Communauté de Communes du Pays de Guer
Réguiny	- Animateur de voile - Technicien de la Mairie
Muzillac	- Technicien de l'entreprise Veolia (AEP) - Président de l'AAPPMA de Muzillac

Tableau 8 : Acteurs locaux investis dans le suivi des sites tests

Les stations de mesures sont localisées pour chaque site sur les *figures 7, 8 et 9* (§ 2.2.2. b). Les acteurs locaux effectuent les observations en un seul point (ponton), mais le technicien peut avoir plusieurs points de mesures (*Tableau 9*).

Sites tests	Stations de mesures du technicien
St Malo de Beignon	- au niveau du ponton du port miniature
Réguiny	3 stations : - ponton - centre du plan d'eau - déversoir
Muzillac	- proche de la prise d'eau (berge droite)

Tableau 9 : Stations de mesures du technicien choisies pour le suivi des sites tests

Sur le site de Réguiny, les mesures physico-chimiques et celles à la sonde à phycocyanine sont homogènes sur les 3 stations au mois de mai et juin ; nous faisons donc le choix de conserver une seule station de mesure (ponton) à partir du mois de juillet.

Pour le site de Muzillac, une seule station a été choisie en raison des difficultés d'accès à des points de mesures adéquats (une certaine profondeur est nécessaire pour mesurer la transparence). Mais en rapport avec la surface du plan d'eau, une autre station de mesure aurait été souhaitable, plus en amont.

- Suivi journalier par l'acteur local

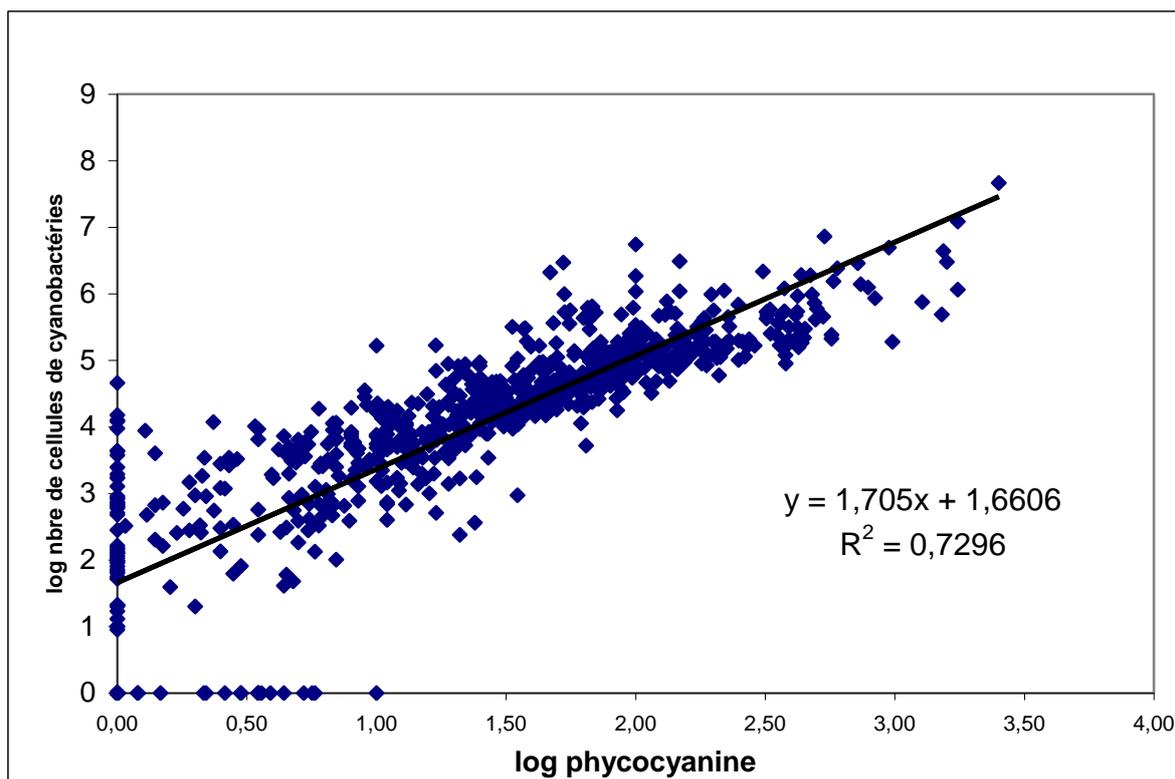
L'agent local dispose d'une fiche pour le suivi journalier (*Annexe 8*) et de documents complémentaires, que j'ai réalisés: un résumé décrivant les différents paramètres et comment noter les observations sur la fiche (*Annexe 8*) et la planche de photos (*Annexe 7*). L'ODEM a également fourni un disque de Secchi et un thermomètre.

Les seuls paramètres, que ne relèvent pas les acteurs locaux, sont les paramètres physico-chimiques de l'eau (température, pH, oxygène dissous) et la mesure à la sonde à fluorescence. Chaque fin de mois, l'agent local transmet sa fiche de suivi au technicien.

- Suivi hebdomadaire par le technicien départemental

Pendant cette étude, je remplis la fonction de technicien départemental. L'ensemble des paramètres décrits précédemment (*Figure 10*) (météo, sonde et paramètres physico-chimiques) sont notés sur une fiche de suivi hebdomadaire (*Annexe 9*).

De plus, des prélèvements pour des analyses en laboratoire sont effectués lorsque le seuil de **100 µg/l de phycocyanine** (saturation de la sonde) est atteint. Il a été choisi suite aux études précédentes (*BERTRAND, 2005*) qui ont permis de définir une corrélation entre nombre de cyanobactéries et teneur en phycocyanine (*Figure 14*) (*Tableau 10*) : pour 98 µg/l de PC on se situe entre 86691 et 117116 cellules par ml (intervalle de confiance à 95%), correspondant au niveau 2 des recommandations du CSPHF.



Source : BRIENT, comm.pers.,2006

Figure 14 : Corrélation entre le nombre de cyanobactéries et la mesure effectuée à la sonde à phycocyanine⁴

Mesures à la sonde en µg/l PC	Nombre de cellules par ml	
	minimum	maximum
10	2523	3222
20	7557	9377
40	22 153	27 887
60	4184	53237
80	63760	84471
98	86691	117116

Tableau 10 : Corrélation entre phycocyanine et nombre de cellules par ml. Intervalle de confiance à 95% (Source : BRIENT, comm.pers.)

⁴ Il est observé par comparaison entre les concentrations de PC et le nombre de cellules de cyanobactéries une forte corrélation linéaire avec un $R^2 = 0,7296$. Toutefois quelques valeurs élevées de fluorescence ne sont pas corrélées au nombre de cellules de cyanobactéries. Les hypothèses émises quand il est observé de la PC et peu de cyanobactéries (axes des x) pourraient être soit du picoplancton cyanobactérien non identifié par microscopie parce que de petite taille inférieure à 1 µm, soit la présence de phycocyanine en solution résultant de la lyse des cellules de cyanobactéries de façon naturelle et ou de l'emploi d'algicide comme le Cu pulvérisé dans quelques-uns de ces plans d'eau (Brient et al 2001). D'autre part, quand il est observé des cyanobactéries et peu de PC, l'hypothèse serait plutôt des erreurs de comptage sachant que la présence d'autres familles de micro-algues productrices de phycocyanine telles que les Cryptophycées ou Rhodophycées n'ont pas été mises en évidence dans ces échantillons. L'expression du graphe est en log log en raison de la grande échelle des x de mille au million.

Il n'existe pas de protocole d'échantillonnage normalisé pour les prélèvements des cyanobactéries. La technique utilisée est celle observée sur les sites du Morbihan déjà suivis. Le prélèvement s'effectue avec une colonne de 1 m de long et de 5 cm de diamètre (*Figure 15*) car le volume d'eau nécessaire pour toutes les analyses est d'un litre d'eau brute. Le contenant est un flacon en verre ou en plastique propre qui est placé dans une glacière et conduit dans la journée au laboratoire (moins de 48h impérativement).

***Figure 15 : Photo du tube préleveur
(BERTRAND, 2005)***



b. Analyses en laboratoire

Les analyses sont faites par le laboratoire Ecobio de l'Université de Rennes 1, sur les échantillons prélevés lorsque la teneur en phycocyanine atteint 100 µg/l de PC. Elles consistent en :

- une mesure de la chlorophylle a grâce à une sonde à chlorophylle. La concentration en chlorophylle a est un indicateur de la biomasse phytoplanctonique.

- un dénombrement des cyanobactéries. Le comptage de la densité de cellules des cyanobactéries permet de situer les plans d'eau par rapport aux recommandations du CSPHF. Ce comptage est réalisé avec une cellule de Nageotte dont le volume est de 50µl.

- une détermination des principales espèces. L'observation au microscope permet de déterminer les espèces présentes dans l'échantillon et de les évaluer en pourcentage en prenant comme base : une unité est égale à une cellule et non à une forme coloniale ou filamenteuse.

- une analyse des microcystines par HPLC dont les résultats sont exprimés en équivalent de microcystine-LR.

L'ensemble des résultats est transmis dans les 48h après le prélèvement.

La *figure 16* résume le fonctionnement de ce protocole d'expérimentation pour le scénario de suivi de mai à septembre.

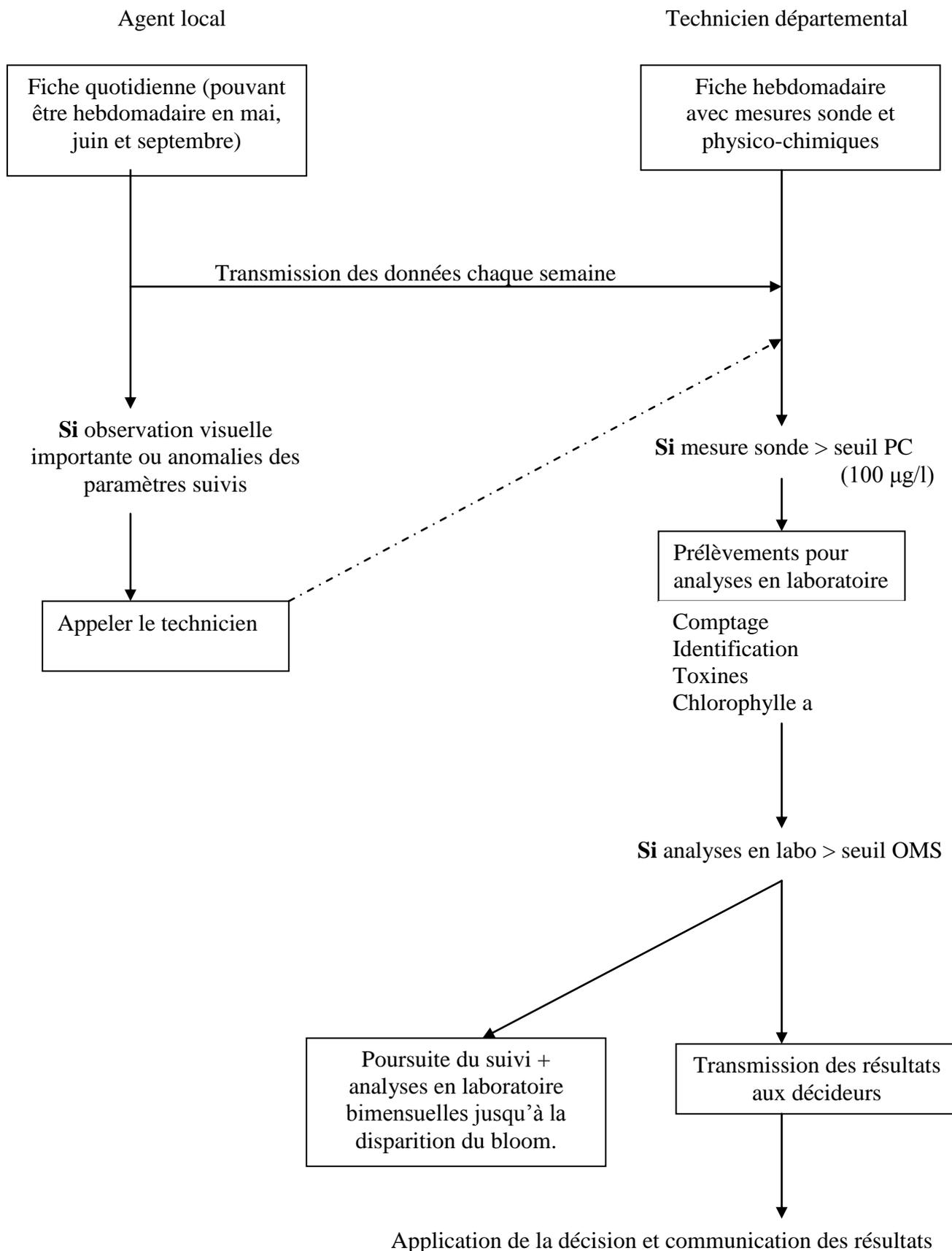


Figure 16 : Protocole d'expérimentation pour le suivi entre mai et septembre

Pour le **second scénario au mois de septembre**, le suivi s'effectue une seule fois sur tous les sites à enjeux (§ 2.2.1.). Le suivi consiste à passer une fois sur chaque site et à faire les mêmes mesures de terrain que lors de l'expérimentation précédente. La seule différence est que les prélèvements pour les analyses en laboratoire sont systématiques sur chaque site. On ne tient compte d'aucun seuil de phycocyanine.

Après avoir collecté toutes les données au cours de ces deux campagnes de suivi, il faut les valider, les stocker et les analyser. La partie suivante décrit la démarche entreprise pour gérer ces données.

2.3. Gestion des données

L'objectif de la base de données est de rassembler l'ensemble des données afin de mieux connaître le phénomène de prolifération des cyanobactéries et afin de fournir les informations nécessaires à une prise de décision pertinente.

Nous avons défini un modèle conceptuel de développement de la base, en se demandant quels étaient les paramètres qui entraînent en jeu dans les processus étudiés et comment les hiérarchiser (*Figure 17*).

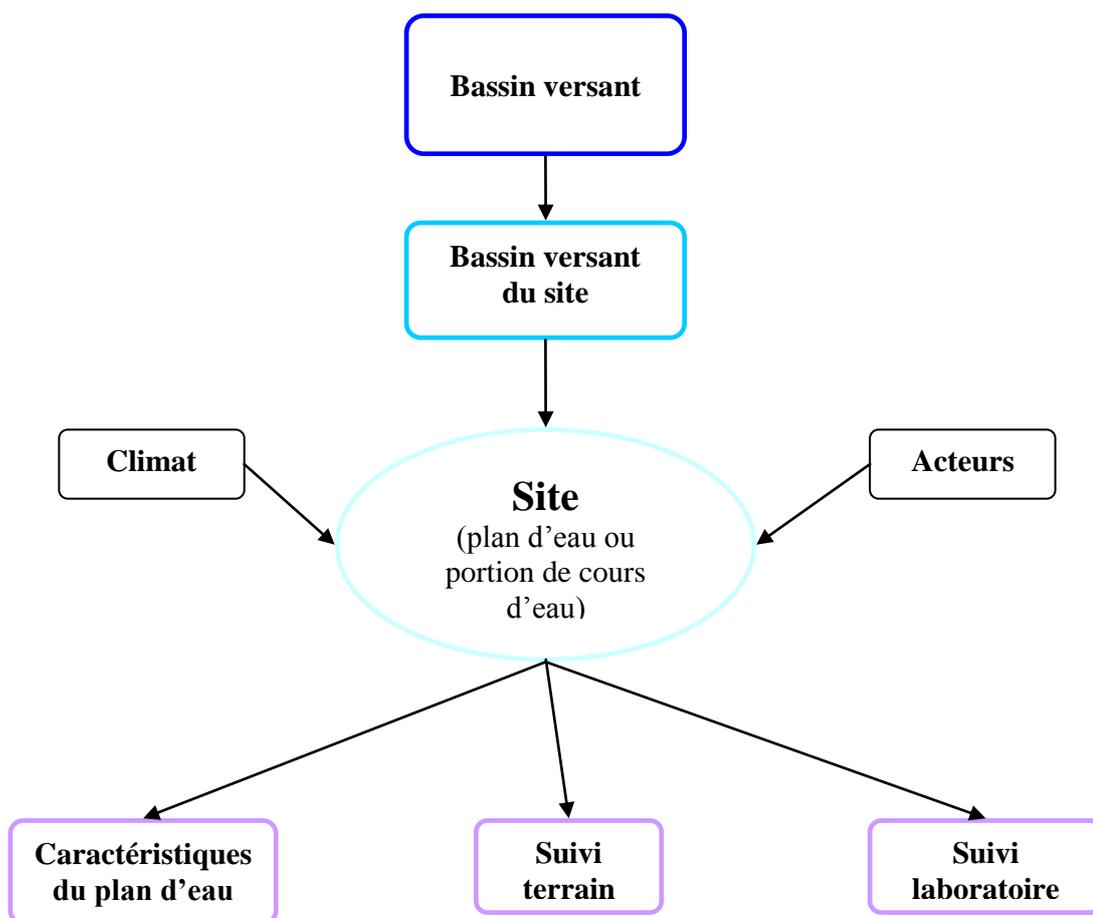


Figure 17 : Schéma de la base de données « suivi environnemental cyanobactéries ».

Ce schéma (*Figure 17*) montre que la base intègre de nombreux critères à prendre en compte dans l'étude du phénomène de prolifération des cyanobactéries. En plus des données récoltées sur le terrain, des informations sur les caractéristiques des plans d'eau ou du bassin versant (profondeur, risques potentiels de pollution...) peuvent permettre une meilleure interprétation des résultats de suivi et une orientation des prises de décisions plus spécifique au plan d'eau. De plus, connaître l'ensemble de ces critères nous donnera une connaissance plus précise du phénomène de prolifération des cyanobactéries et des facteurs qui l'influencent.

Dans le cadre de cette étude de faisabilité, à partir de ce schéma, nous avons conçu et créé la structure des différentes tables de la base, en définissant leur contenu et en déterminant les sources des informations présentes dans la base. Pour l'évaluer, les informations des 3 sites tests, suivis entre mai et septembre, y seront saisies.

Les modalités d'alimentation et d'administration de la base de données seront discutées. Concernant la validation des données, elle pourrait être réalisée par le technicien départemental pour les observations de terrain puis par les partenaires (scientifiques et collectivités) pour l'ensemble des données.

2.4. Valorisation des résultats

La partie « valorisation des données » consiste en l'étude des moyens à mettre en place pour comprendre le phénomène à partir des résultats obtenus, pour gérer l'information de la situation sur les plans d'eau suivis et pour la prise de décisions.

Un questionnaire est créé afin d'évaluer le protocole de suivi et les attentes des acteurs locaux dans le cadre d'un réseau de suivi environnemental des cyanobactéries : les formes de communication envisageables, les modalités de prises de décisions... (*Annexe 10*).

L'analyse de retours d'expériences déjà mises en place permettra également de compléter la réflexion (Erdre, Lac au Duc, ...).

Synthèse : Démarche méthodologique

L'étude se décompose en 3 parties : la collecte, la gestion et la valorisation des données. Pour chaque partie, plusieurs scénarii sont envisagés. Après avoir établi la liste des sites à enjeux pouvant s'intégrer à un réseau départemental de suivi des cyanobactéries, chacune des hypothèses est étudiée.

Pour la collecte des données, un suivi environnemental des cyanobactéries est mis en place sur 3 sites tests : à Réguiny, à St Malo de Beignon et à Muzillac entre mai et septembre. Les critères de choix étant la diversité des activités sur les sites : AEP, activités nautiques, pêche... et la présence d'acteurs locaux prêts à s'investir dans ce réseau.

Le protocole consiste en des observations sur le terrain par les acteurs locaux chaque jour. Le technicien départemental, en plus de ces mêmes observations, effectue chaque semaine des mesures physico-chimiques et des mesures de la teneur en phycocyanine. Des analyses en laboratoire sont réalisées, en complément, à partir du seuil de 100 µg/L de PC (saturation de la sonde).

Puis en septembre, un suivi environnemental sur l'ensemble des sites à enjeux est réalisé. Il consiste en une mesure et des observations sur le terrain et une analyse en laboratoire par site.

Pour la gestion des données, afin de centraliser les informations, une base de données est construite et testée avec les données disponibles sur les 3 sites tests.

Pour la partie valorisation et communication des données, un questionnaire est réalisé auprès des acteurs locaux des sites tests, afin d'évaluer leurs attentes au sujet du mode de communication et des modalités de prises de décision. Une analyse des expériences de réseau de suivi des cyanobactéries déjà existantes complètera la réflexion.

3. Résultats et analyse

3.1. Collecte des données

Les résultats sur les 3 sites tests suivis cette année sont utilisés pour évaluer les avantages et les inconvénients du protocole mis en place. L'analyse ne s'attarde pas sur les facteurs explicatifs possibles de l'évolution des proliférations des cyanobactéries.

Après la présentation des résultats bruts obtenus sur le terrain et lors des analyses en laboratoire, la deuxième partie portera sur les appréciations des acteurs locaux ayant réalisé les observations, par rapport au protocole.

Ensuite, les résultats du suivi du mois de septembre sur tous les sites et ceux du suivi sanitaire de la DDASS, permettent, entre autres, de montrer l'intérêt d'utiliser la sonde à phycocyanine comme outil de mesure.

3.1.1. Résultats des 3 sites tests suivis pour la campagne 2007 entre mai et septembre

Les résultats sont hétérogènes d'un site à l'autre (*Figure 18*).

Dans le cas de Pen Mur à Muzillac, la fluorescence en phycocyanine est restée à des niveaux assez faibles, avec tout de même une augmentation à 50 µg/l, le 20 juin.

Pour l'étang d'Aleth à St Malo de Beignon, les teneurs en phycocyanine sont restées élevées sur l'ensemble de la saison. Le seuil de saturation (100 µg/l) est souvent atteint, avec cependant 3 épisodes de baisse relative fin mai, fin juin et fin août. Les analyses en laboratoire, réalisées tous les 15 jours à partir de la première prolifération, confirment que le niveau 2 de l'avis du CSHPF est régulièrement dépassé. On constate même un pic à 973 420 cellules par ml le 12 septembre 2007.

Pour l'étang du Bolan à Réguiny, la teneur en phycocyanine est plus fluctuante, de 0 à 80 µg/l de PC de mai à juillet. Le seuil de 100 µg/l est atteint à partir de mi août. Les analyses confirment alors que le niveau 2 est atteint, avec 616 382 cellules par ml le 29 août.

Globalement, l'année 2007 s'avère peu propice à la prolifération des cyanobactéries. Par exemple, l'étang de Pen Mur, lors de campagnes précédentes, était très sensible aux cyanobactéries. La première explication est la météo mitigée tout au long de la campagne de mai à mi-août. En effet, des pluies régulières ont permis un mélange des eaux des plans d'eau et aucune forte chaleur n'a été constatée.

Enfin, d'après les résultats, aucune corrélation simple entre la teneur en phycocyanine et les paramètres : transparence, teneur en oxygène dissous et température de l'eau ne peut être définie (*Annexe 11*).

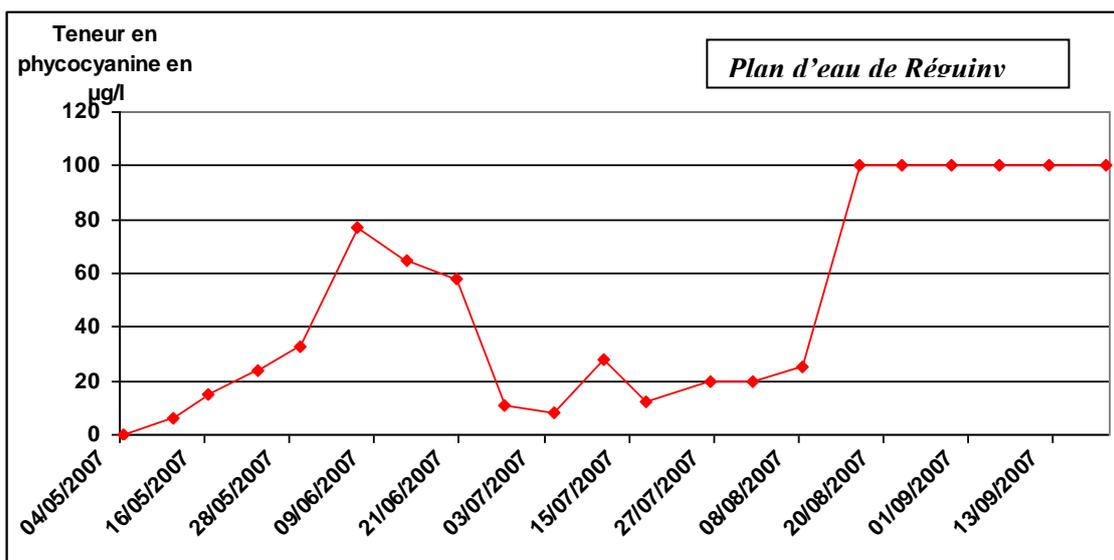
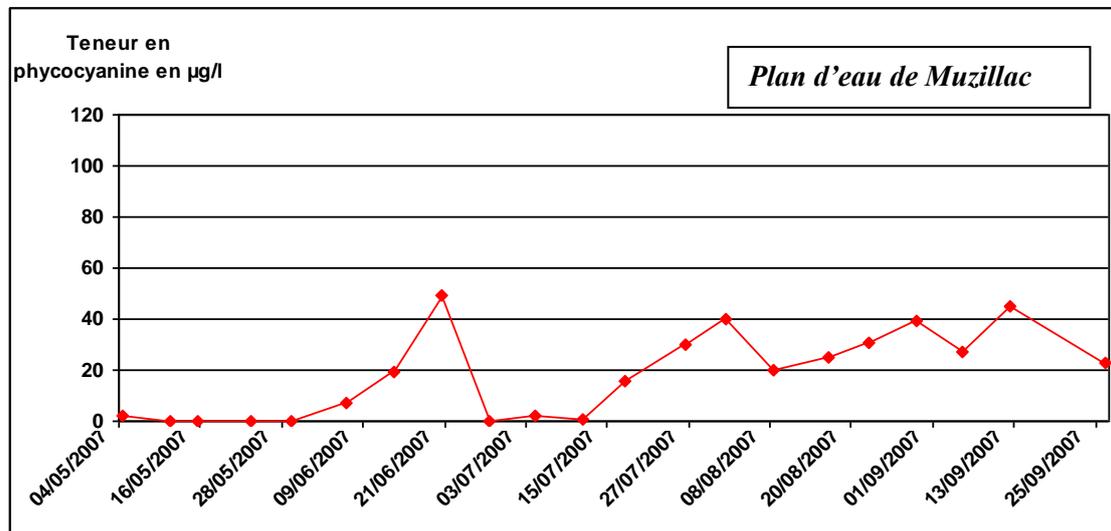
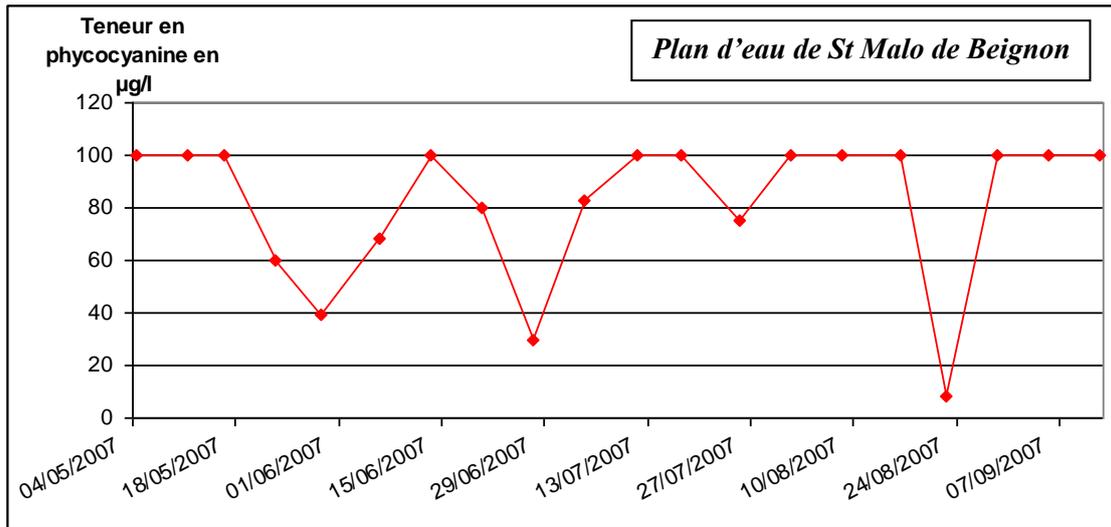


Figure 18 : Evolution de la teneur en phycocyanine sur les 3 sites tests en 2007

3.1.2. Appréciations du protocole par les acteurs locaux et le technicien départemental

Malgré des proliférations de cyanobactéries peu importantes, l'ensemble du protocole a pu être testé. Afin de l'évaluer, des bilans, sur le suivi réalisé par les acteurs locaux, ont été effectués avec eux. Les appréciations suivantes en sont la synthèse.

Points positifs du suivi par les acteurs locaux :

- le suivi journalier est peu contraignant (excepté pour le questionnaire en eau potable qui a donc réalisé un suivi hebdomadaire) car les paramètres sont faciles à relever. Chaque jour, l'acteur local met 10 minutes environ pour réaliser les observations.

Points négatifs du suivi par les acteurs locaux :

- les paramètres météo (vent, pluie, température de l'air) sont pris à un temps t fixé alors que la météo peut varier sur la journée. L'interprétation à partir de ces résultats est limitée, d'où l'intérêt de compléter avec les données Météo France.

- la plaquette de photos : le nombre limité de photos en réduit l'interprétation surtout pour la couleur de l'eau. En outre, les photos sont quelquefois peu explicites, mais le document reste un bon outil pour l'observation. Il suffirait de permettre à l'acteur local d'ajouter des commentaires en complément du numéro de la photo.

- le protocole exact pour l'utilisation du disque de Secchi n'était pas décrit.

A partir des observations et des mesures que j'ai réalisées, je relève les mêmes appréciations. Mais d'autres remarques spécifiques au travail du technicien départemental sont à apporter :

Points positifs du suivi par le technicien :

- l'utilisation de la sonde permet un résultat instantané pour une plus grande réactivité des acteurs locaux. En effet, avant même confirmation de la situation par les analyses, l'acteur local peut envisager des actions à mener.

Points négatifs du suivi par le technicien :

- aucun des autres paramètres suivis ne peut être corrélé simplement à la prolifération de cyanobactéries. En effet, la transparence montre la présence d'algues ou de matières en suspension et l'oxygène dissous indique l'activité de photosynthèse liée à la présence d'algues mais aucun n'est spécifique à l'évolution des cyanobactéries hormis la sonde à phycocyanine.

- réaliser des analyses uniquement à partir d'un seuil (100 µg/l de PC) réduit le coût du suivi, mais lorsque la mesure est inférieure à ce seuil, aucune donnée ne valide le choix de mettre en place des actions en dessous des 100 000 cellules/ml (comme la simple information du public). En effet, dans le cas de Réguiny (*Figure 18*), le pic à 80 µg/l aurait pu montrer un nombre de cyanobactéries non négligeable si une analyse avait été effectuée. De plus, en absence de résultats avérés, il peut être difficile d'engager les collectivités dans des actions de prévention.

Dans la discussion, ces résultats pourront être comparés au protocole utilisé par la DDASS et à celui mis en place au Lac au Duc (analyses en laboratoire systématiques chaque semaine).

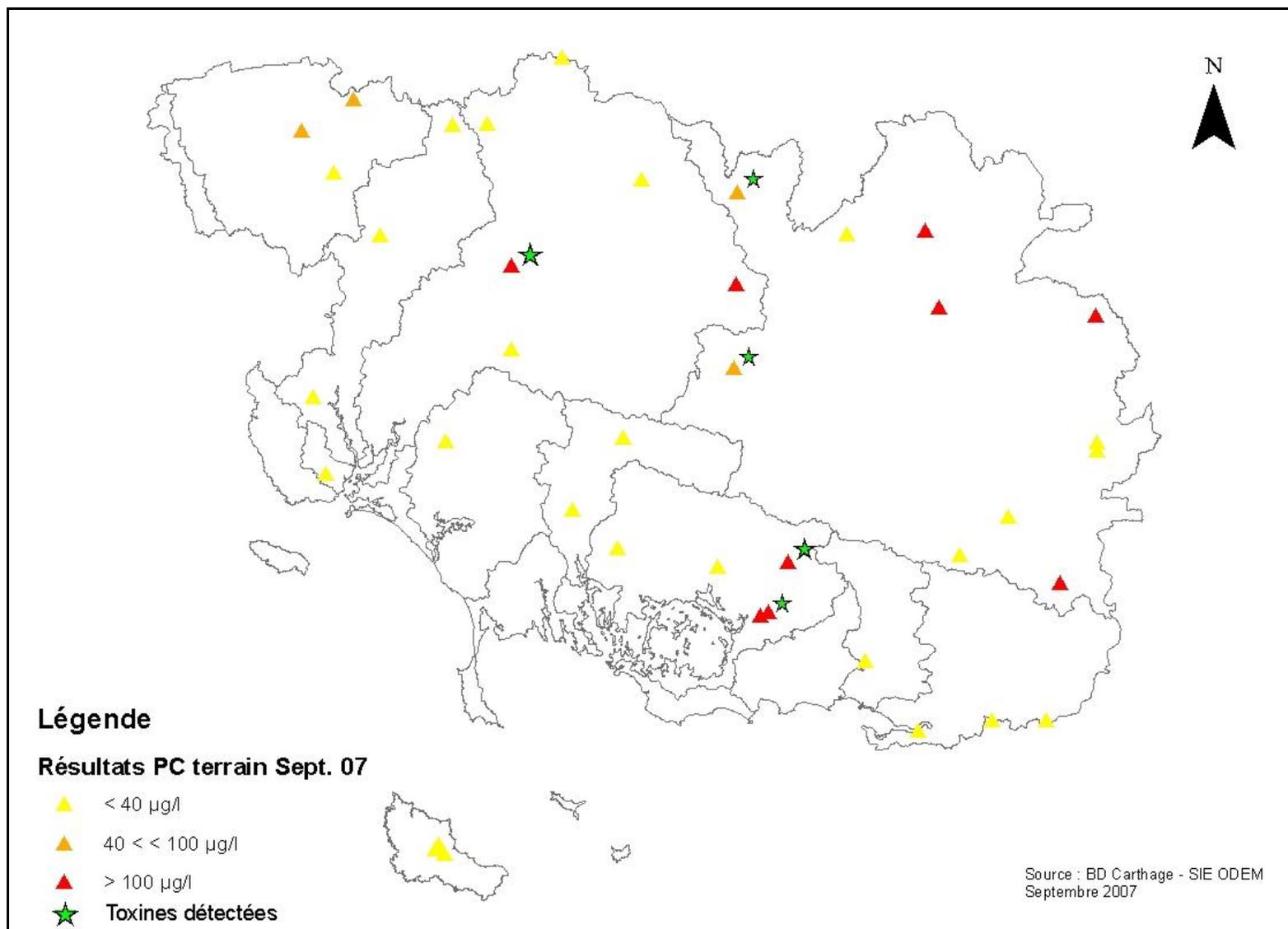


Figure 19 : Teneur en phyocyanine sur les plans d'eau à enjeux en septembre 2007

3.1.3. Résultats de l'expérimentation sur l'ensemble des sites à enjeux en septembre 2007.

Au cours du suivi du mois de septembre, certains sites ont été éliminés (§ 2.2.1.) de la liste des sites à enjeux. D'autre part, des sites non répertoriés ont montré un intérêt comme les plans d'eau de Belle Ile en Mer, sur lesquels des mesures en septembre ont donc été effectuées. En bref, en une semaine, 37 sites à enjeux ont été étudiés (28 identifiés + 9 sites DDASS).

En outre, cette semaine de terrain en septembre a permis de constater les activités présentes sur les sites, validant ainsi les données fournies par la bibliographie et par les acteurs départementaux, mais aussi de collecter des témoignages sur les impacts, notamment sanitaires, des cyanobactéries sur l'Homme (ex : Lac au Duc, problèmes cutanés chez un enfant après la baignade...)

3.1.3.1. Répartition des proliférations de cyanobactéries sur les sites à enjeux

Comptage cellulaire et mesure à la sonde à phycocyanine

Les analyses confirment la présence de cyanobactéries sur tous les plans d'eau suivis (Figure 19) (Annexe 12).

Sur les 37 sites suivis, 50 % environ (19 sites) n'atteignent pas le seuil des 40 µg/l soit environ 20 000 cellules/ml. On peut noter que géographiquement ces sites semblent se situer proportionnellement plus dans la moitié sud du département (Figure 19). En revanche, 32 %, soit 12 sites, ont un niveau de proliférations supérieures à 100 000 cellules/ml (Annexe 12).

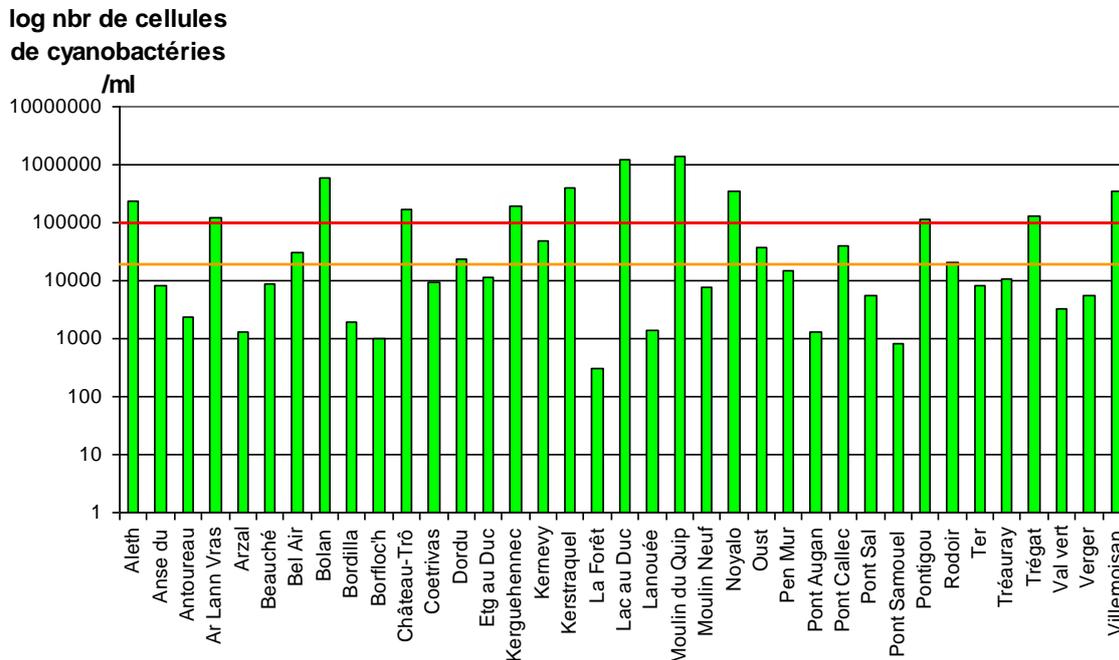


Figure 20 : Nombre de cyanobactéries par ml sur les plans d'eau suivis en septembre 2007
Le trait orange indique le seuil de 20 000 cellules et le trait rouge celui de 100 000 cellules/ml

Sur les sites au-dessus du seuil des 100 000 cellules (Figure 20), on observe des pics qui dépassent 1 000 000 cellules/ml, comme pour l'étang du Moulin du Quip (1 416 000 cellules/ml) ou le Lac au Duc (1 250 549 cellules/ml).

Dosage des toxines

Concernant la présence de toxines, un dosage des microcystines a été réalisé uniquement sur les échantillons dépassant 100 µg/l avec la sonde à phycocyanine.

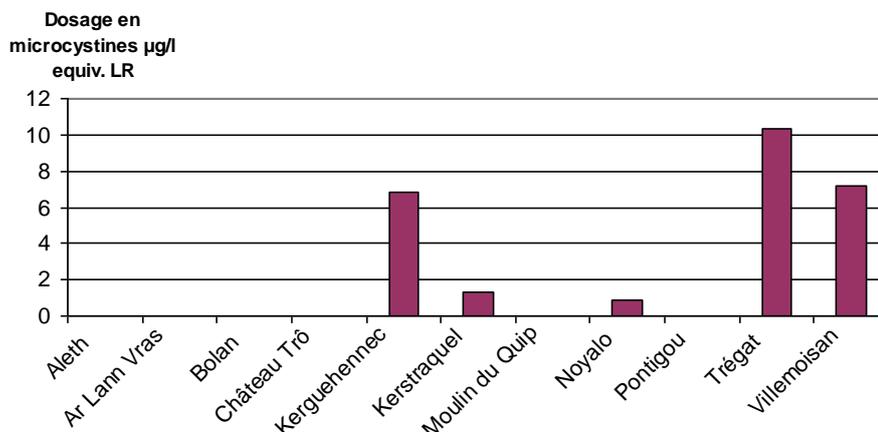


Figure 21 : Teneur en microcystines sur les plans d'eau ayant plus de 100 µg/l de PC (Septembre 2007)

Sur les 11 sites (résultats du Lac au Duc non disponibles) (Figure 21), 5 sites montrent la présence de microcystines mais aucun ne dépasse le seuil de 25 µg/l. Le maximum est de 10,3 µg/l pour l'étang de Trégat.

Identification des espèces présentes

De manière générale, on peut observer entre 3 à 10 espèces différentes sur un même site (Annexe 12). Mais les principales espèces rencontrées majoritairement sur l'ensemble des sites suivis sont (Tableau 11):

Espèces	Type de toxines
<i>Planktotrix agardhii</i>	Hépatotoxine (microcystine)
<i>Anabaena mendotae</i>	Neurotoxine (anatoxine)
<i>Aphanizomenon</i>	Neurotoxine (anatoxine)
<i>Aphanocapsa</i>	Non toxique ?
<i>Coelomoron</i>	Hépatotoxine (microcystine)
<i>Limnotrix redekei</i>	Hépatotoxine (microcystine)
<i>Pseudanabaena</i>	Neurotoxine
<i>Woronichinia</i>	Neurotoxine (anatoxine)

Tableau 11 : Espèces présentes sur les sites à enjeux suivis en septembre 2007 et toxines pouvant être produites.

La relation entre les espèces identifiées et le dosage des microcystines n'est pas simple. En effet, sur des sites comme Villemoisien et Trégat, les espèces dominantes ne sont pas productrices de microcystines, mais on constate, tout de même, jusqu'à 10 µg/l équiv. LR sur Trégat (Figure 21). En revanche, le site du Moulin du Quip, avec plus de 1 000 000 de cellules/ml et uniquement l'espèce *Limnotrix*, ne décèle pas de microcystines.

De plus, le tableau 11 justifie de ne pas se fier aux seuls résultats de dosage des microcystines car la plupart des espèces présentes sur les sites sont susceptibles de sécréter

des toxines non dosées (anatoxines...). Le dosage des microcystines n'est pas représentatif du risque potentiel des proliférations de cyanobactéries (§ 1.1.2).

3.1.3.2. Dominance des cyanobactéries dans la biomasse algale

Malgré tout, ces analyses en laboratoire ont permis de confirmer la dominance des cyanobactéries dans la biomasse algale à cette période de l'année pour la plupart des plans d'eau (75% des cas) (§ 1.1.1).

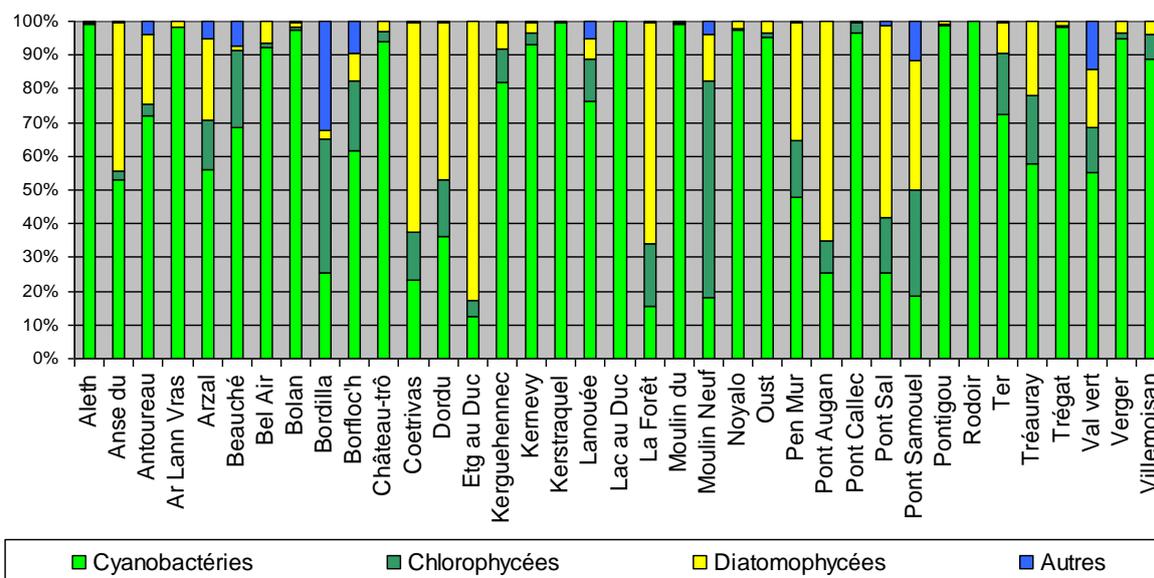


Figure 22 : Répartition de la biomasse algale sur les sites à enjeux en septembre 2007

Les cyanobactéries sont dominantes dans 28 des 37 sites mesurés et représentent même plus de 90% de la biomasse sur 16 de ces sites (Figure 22). Le reste de la biomasse algale est essentiellement composée par les chlorophycées et les diatomophycées.

Les teneurs en chlorophylle a (Figure 23) ne sont pas spécifiquement liées à la prolifération de cyanobactéries. La corrélation de $R^2 = 0,25$ (Figure 24) corrobore cette affirmation. En effet, certains sites, comme l'étang de Coetrivas, ont une teneur en chlorophylle a élevée mais la population algale dominante est les *Diatomophycées*. A l'inverse, un site, comme l'étang du Rodoir, a une biomasse à dominante cyanobactéries (100%) mais la teneur en chlorophylle a est très faible (29,2 µg/l).

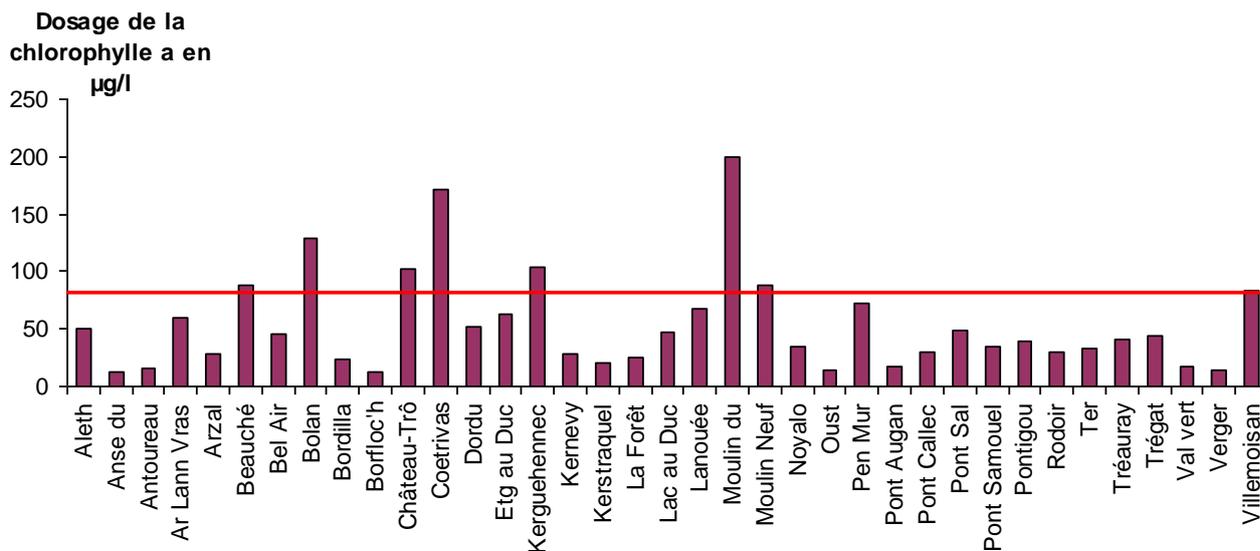


Figure 23 : Dosage de la chlorophylle a sur les sites suivis en septembre 2007

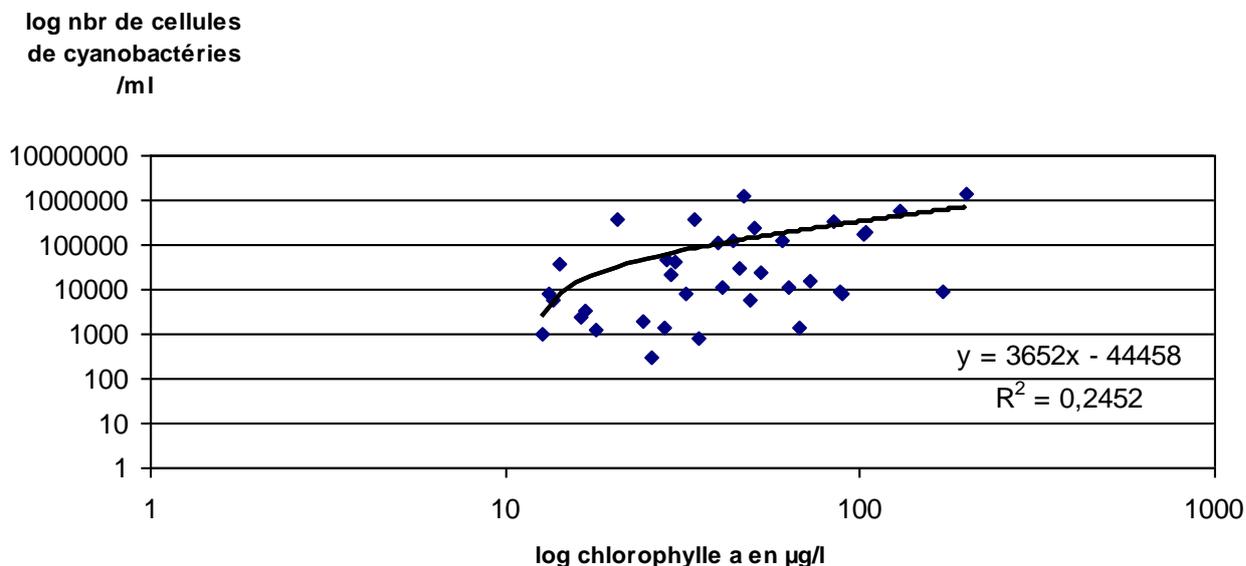


Figure 24 : Corrélation entre nombre de cyanobactéries et teneur en chlorophylle a. (Septembre 2007)

Néanmoins, les résultats de la chlorophylle a permettent d'avoir une idée plus générale de l'eutrophisation des plans d'eau. Dans le cas où le réseau s'intéresserait globalement au phénomène d'eutrophisation, en plus des cyanobactéries, ce paramètre pourrait être systématiquement inclus dans les paramètres à suivre comme un indice global d'eutrophisation (§ 1.3.2).

3.1.3.3. Pertinence de la sonde à phycocyanine comme outil de mesure

L'un des principes du protocole testé était d'utiliser la sonde à phycocyanine comme outil de mesure sur le terrain afin d'obtenir un résultat immédiat, avec un coût moindre que

des analyses systématiques et permettre une plus grande réactivité des acteurs locaux. Cette expérimentation au mois de septembre permet de vérifier la fiabilité des mesures obtenues grâce à la sonde.

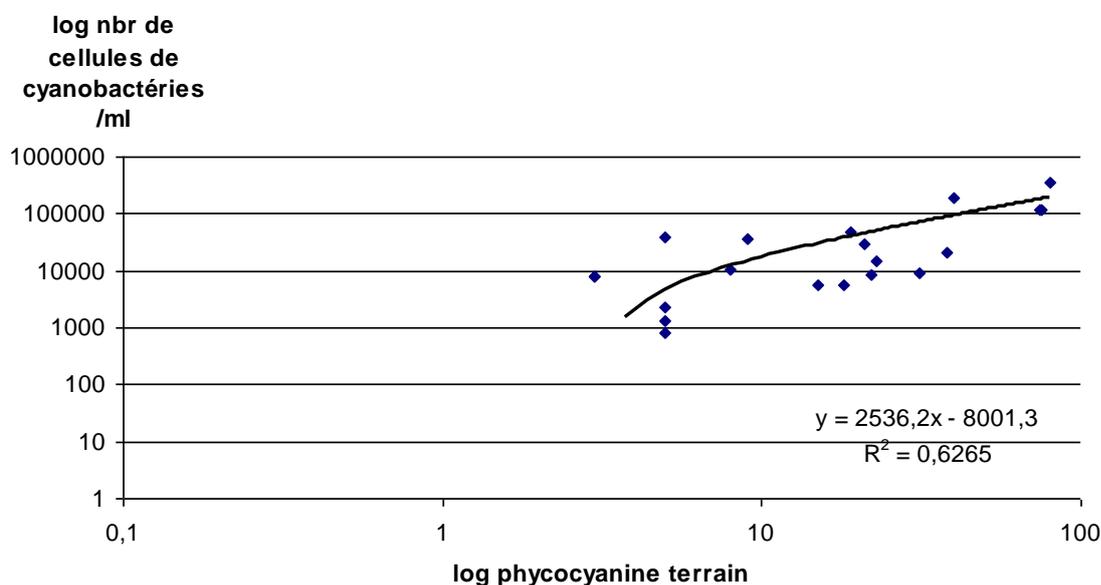


Figure 25 : Corrélation entre nombre de cyanobactéries et mesure à la sonde à phycocyanine sur le terrain (Septembre 2007)

Le graphique de la *figure 25* est construit à partir des points de mesures à la sonde inférieurs à 100 µg/l. En effet, ce seuil correspond à la saturation de la sonde sur le terrain ; on ne peut donc pas connaître la valeur exacte en PC sur le terrain pour les sites atteignant le seuil. Il montre néanmoins qu'il existe une bonne corrélation entre la mesure sur le terrain et le comptage en laboratoire. Les mesures sur le terrain peuvent donc être considérées comme suffisantes pour orienter des actions à court terme.

La corrélation entre les mesures sonde à PC en laboratoire et le comptage est encore meilleure ($R^2 = 0,76$) (*Annexe 12*). Grâce aux obturateurs, les valeurs de PC supérieures à 100 µg/l ont pu être estimées et intégrées dans la construction du graphe en *annexe 12*.

Concernant la corrélation entre les mesures de la PC sur le terrain et celles en laboratoire ($R^2 = 0,87$) (*Annexe 12*), les résultats divergents peuvent s'expliquer par les modalités de mesures sur le terrain et par la plus ou moins bonne conservation des échantillons entre les deux mesures. De plus, les valeurs sur le terrain saturant à 100 µg/l n'ont pas pu être utilisées pour estimer le coefficient de corrélation.

3.1.4. Résultats du suivi sanitaire de la DDASS pour la campagne 2007

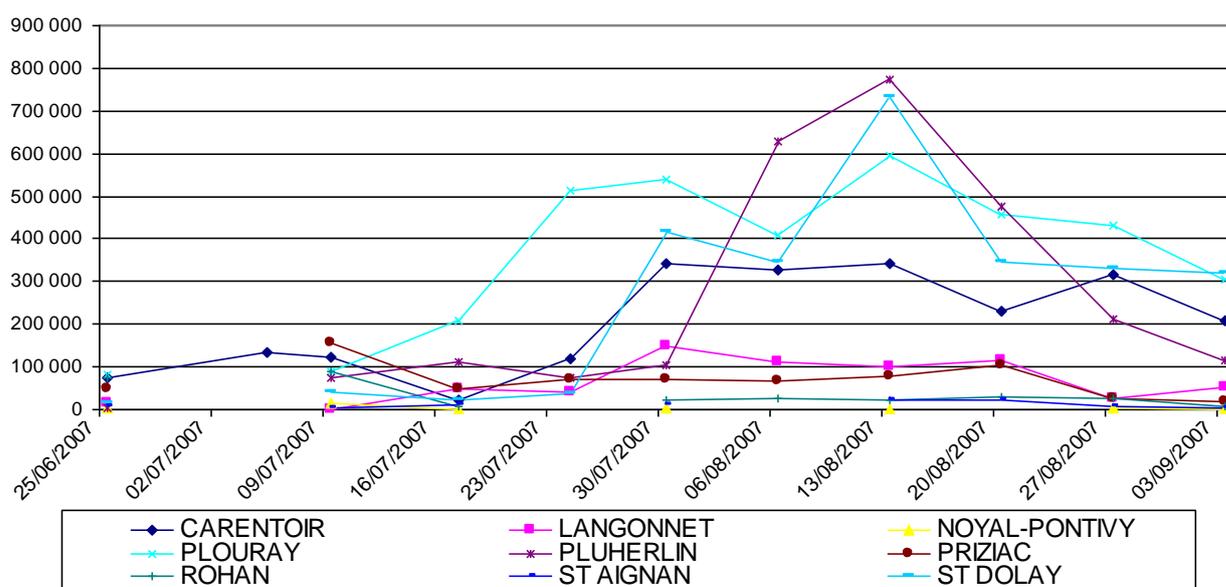
Pour la campagne 2007, 10 sites ont été suivis par la DDASS contrairement aux 11 sites de 2006. En effet, le propriétaire du plan d'eau de Melrand n'a pas renouvelé son autorisation de baignade autorisée.

Neuf sites de ces sites ont été suivis entre le 25 juin et le 3 septembre 2007 (*Figure 26*).

Concernant le Lac au Duc, les résultats sont présentés sur un graphe à part (Figure 27) (Annexe 13) car la campagne de mesures s'est déroulée sur une période plus longue, de mi-avril à fin septembre.

Sur les 10 sites, 7 sites ont dépassé le niveau des 100 000 cellules/ml au moins une fois au cours de la saison et 7 sites ont dépassé le niveau des 20 000 cellules/ml sur quasiment toute la saison de mesures. Dans l'ensemble, on constate qu'il y a davantage de proliférations en août. Néanmoins, le niveau est encore élevé en fin de campagne. Dans le cas du Lac au Duc, il y a toujours plus de 1 000 000 de cellules/ml fin septembre, mais plus aucun affichage n'est réalisé et cela malgré la présence d'activités nautiques à risques (ex : ski nautique).

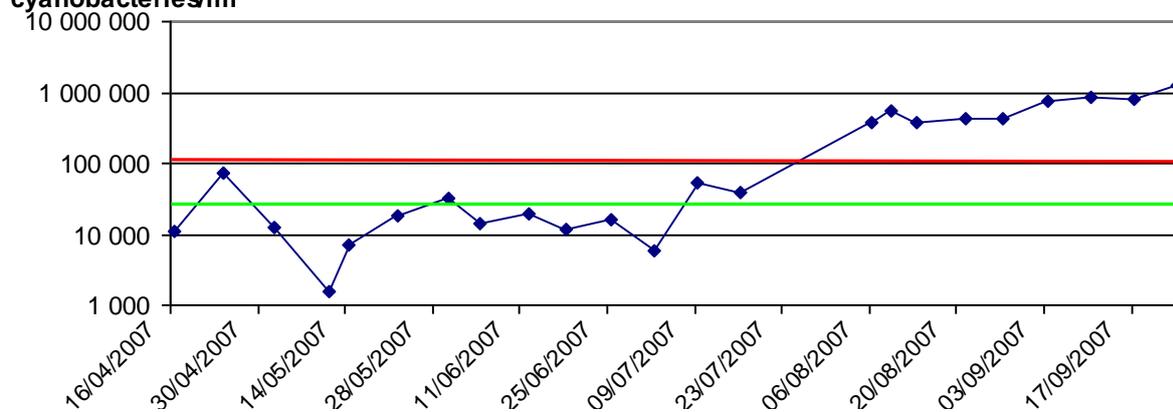
Nbr de cellules/ml



Source : DDASS 56, 2007

Figure 26 : Evolution du nombre de cyanobactéries par ml sur les sites de la DDASS en 2007.

log nombre de cellules de cyanobactéries/ml



Source : C. C. de Ploërmel, 2007

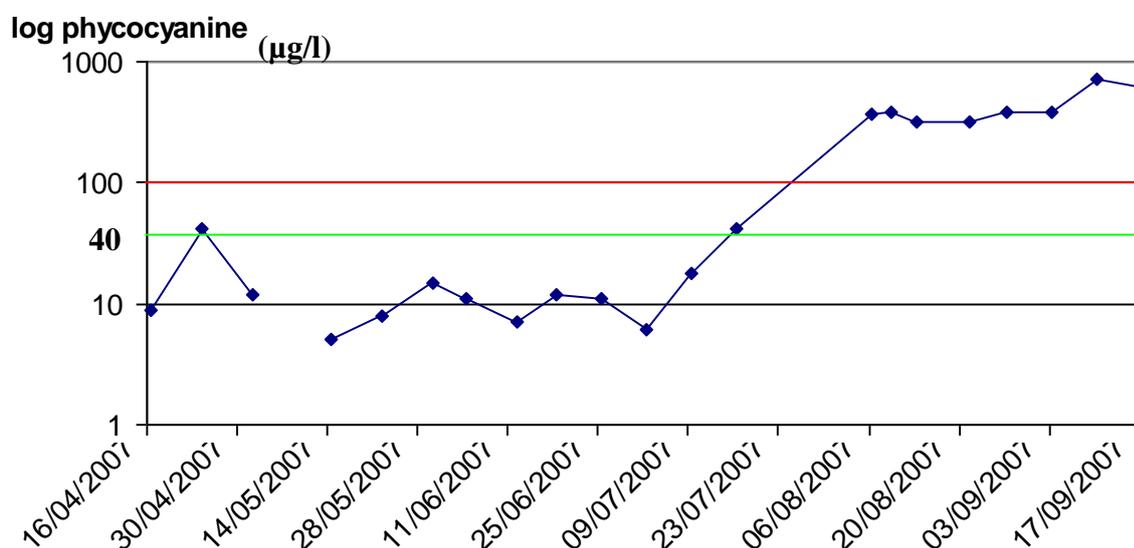
Figure 27 : Evolution du nombre de cyanobactéries par ml sur le Lac au Duc en 2007
Le trait vert indique le seuil de 40 µg/l et le trait rouge celui de 100 µg/l.

Les résultats obtenus lors des mesures en septembre pour les sites suivis habituellement par la DDASS montrent globalement leur situation au cours de la saison. Le mois de septembre est assez représentatif, mais quelques exceptions existent comme l'étang du Beauché à Carentoir qui a dépassé 100 000 cellules au cours de la saison et qui n'atteint même pas 10 000 cellules en septembre, de même pour l'étang du Moulin Neuf.

Concernant le dosage de la microcystine –LR, aucun site n'en a détectée ($< 0,2\mu\text{g/l}$ de MLR), alors que les mesures en septembre indiquaient une teneur en M-LR sur le site de Villemoisian à Rohan ($7,2\mu\text{g/l}$ equiv. LR) (§ 3.1.3.1).

Les actions mises en place sur les différents sites suivis par la DDASS n'ont pas encore été transmises, mais les communes appliquent en général les recommandations du CSHPF : information à partir de 20 000 cellules/ml et limitation ou interdiction des activités au-dessus de 100 000 cellules/ml.

On peut également s'intéresser à la fiabilité de la sonde à phycocyanine, puisqu'elle est utilisée sur le plan d'eau du Lac au Duc.



Source : C. C. de Ploërmel, 2007

Figure 28 : Evolution de la teneur en phycocyanine sur le lac au Duc en 2007
Le trait vert indique le seuil de $40\mu\text{g/l}$ et le trait rouge celui de $100\mu\text{g/l}$

Le graphique (Figure 28) représentant l'évolution de la teneur en phycocyanine, comparé à celui de l'évolution du nombre de cyanobactéries/ml (Figure 27) confirme, à nouveau, la fiabilité des mesures à la sonde pour le palier des 100 000 cellules, c'est-à-dire $100\mu\text{g/l}$ avec la sonde. Le seuil de $40\mu\text{g/l}$, que nous pourrions envisager comme indice du seuil de 20 000 cellules/ml, semble un peu trop élevé sur ce site, mais reste suffisant pour mettre en place une simple information.

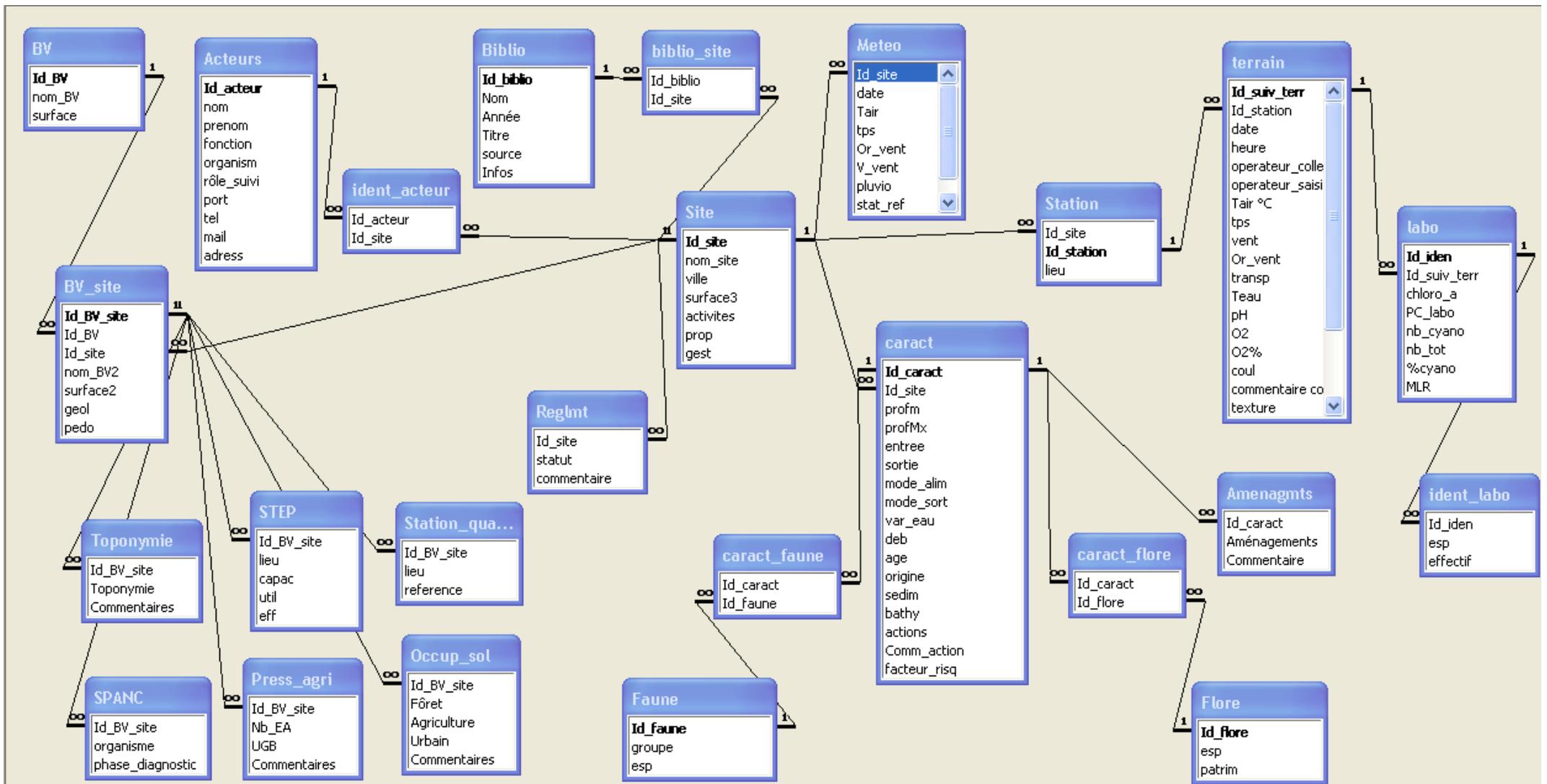


Figure 29 : Description du contenu de la base de données et des relations entre les tables

3.2. Gestion des données : structure de la base

La mise en place cohérente de la base de données nécessite une réflexion établie à partir des objectifs de l'étude ; centraliser toutes les données disponibles sur les plans d'eau concernés dans le Morbihan, afin de pouvoir comprendre l'évolution du phénomène de proliférations et de comparer les sites entre eux si c'est possible.

A partir du modèle conceptuel décrit précédemment (§2.3), 25 tables ont été définies sous Access (*Figure 29*). Les relations entre les tables sont créées en respectant les principes de cohérence et d'intégrité relationnelle.

Les 25 tables sont réparties dans 3 tables principales, représentant trois échelles de l'étude :

- le bassin versant de niveau 1 tel qu'il est délimité par le système d'informations de l'environnement (SIE).
- le bassin versant du site, une échelle plus précise que la précédente. Elle permet de tenir compte de l'occupation du sol et des pressions agricoles, industrielles ou urbaines qui peuvent exister. Ces données serviront d'éléments pour évaluer les risques potentiels pour le plan d'eau et en cas de proliférations de cyanobactéries, elles pourront être des facteurs d'explication.
- le site, c'est-à-dire le plan d'eau et son périmètre proche, avec l'ensemble des caractéristiques d'identification du plan d'eau (géomorphologie, faune, flore, statut réglementaire, acteurs du site...), ainsi que tous les résultats du suivi sur le terrain et en laboratoire.

La plupart des tables contiennent des informations qui sont saisies lors de la première année de suivi d'un site, puis mises à jour en cas de besoin. En revanche, les trois tables, contenant les données collectées durant le suivi sur chaque site (observations de terrain, résultats des analyses en laboratoire...) nécessitent une saisie périodique (hebdomadaire ou mensuelle).

Afin de tester cette base de données, l'ensemble des informations disponibles, sur les 3 sites tests, a été saisi. A partir de cet essai, nous avons défini les sources d'où sont issues les données, afin de faciliter, par la suite, la recherche des informations pour chaque site (*Annexe 14*).

Ce test a également permis d'améliorer les formes sous lesquelles sont saisies les données (paramètre « type de données » de chaque champ) afin de rendre le travail plus rapide et plus homogène. Par exemple, pour le champ « mode d'alimentation de plan d'eau », une liste de choix évite de saisir tout le texte systématiquement.

Une fois les tables réalisées et contrôlées, il est possible de passer à la phase de modélisation de requêtes. Ces requêtes permettront de synthétiser les données produites et de fournir des éléments d'analyse qui seront des supports d'informations pour la prise de décisions.

3.3. Valorisation des résultats : questionnaire et analyse d'expériences

3.3.1. Avis des acteurs

Au début de cette étude, au cours de rendez-vous, les acteurs avaient émis comme attentes : une meilleure information de la problématique des cyanobactéries, une connaissance de la situation sur leur propre plan d'eau et dans le cas des activités nautiques, un suivi leur permettant une réactivité en cas de proliférations de cyanobactéries.

Après quelques mois de suivi, notre questionnaire (*Annexe 10*) a été soumis aux acteurs locaux, avec pour objectif de comprendre leurs nouvelles attentes et d'évaluer jusqu'où ils seraient prêts à s'investir dans la mise en place et le fonctionnement d'un réseau de suivi environnemental des cyanobactéries.

Les sujets abordés sont : l'évaluation de la communication des résultats au cours de la campagne 2007, puis, la forme de communication à mettre en place dans le cadre du réseau à l'échelle départementale (fréquence des résultats, type de support, public informé...). Les questions sont des questions ouvertes afin de ne pas limiter les propositions des acteurs locaux.

Enfin la dernière partie du questionnaire permet d'aborder l'investissement futur des acteurs locaux enquêtés. Tous les acteurs locaux sur les 3 sites tests de la campagne 2007 (§ 2.2.3.a) ont été interrogés.

Le premier constat porte sur la réflexion de la communication de l'information selon les activités sur le site. En effet, sur certains sites comme l'étang de Pen Mur à Muzillac, les usagers n'ont pas de contact direct avec l'eau du plan d'eau (activités de pêche et AEP). Les plus concernés sur ce plan d'eau sont les pêcheurs ; une communication spécifique des précautions à prendre pour ces derniers pourrait suffire sur ce site. Le gestionnaire de l'AEP semble moins concerné puisqu'il effectue déjà des analyses sur l'eau traitée, en raison de la réglementation.

En revanche, en présence d'activités nautiques, le propriétaire, en tant que responsable des risques potentiels, se doit d'envisager l'information des usagers. C'est le cas des deux autres plans d'eau, pour lesquels les propriétaires et gestionnaires sont prêts à s'investir dans un réseau de suivi et dans la communication des résultats. Pour St Malo de Beignon, la Communauté de Communes a cependant souhaité, pour cette campagne 2007, être très prudente et ne pas communiquer les résultats afin de ne pas créer de tension sur les possibles causes du phénomène, mais elle est prête à s'engager si le suivi se poursuit.

Une sensibilisation des propriétaires et gestionnaires est avant tout indispensable. Des élus s'engageront uniquement en connaissant le sujet afin de pouvoir répondre aux questions de leurs concitoyens. Dans tous les cas, les propriétaires sont responsables des risques encourus sur leurs plans d'eau, ils doivent faire un choix de communication selon les enjeux.

Au sujet de la forme sous laquelle est réalisée la communication, les acteurs adhèrent aux idées de mettre en place un affichage permanent, complété d'une plaquette d'informations pour le public, laissée à disposition dans des endroits de passage (camping, point informations tourisme, base de loisirs...). De plus, certains acteurs ont souligné que la presse ou les bulletins municipaux sont également de bons moyens de communication.

Au niveau de l'utilisation des résultats, les acteurs départementaux, comme la DDAF, ont signalé l'insuffisance des informations sur les origines de la prolifération (sources de phosphore). Il serait donc utile de compléter les résultats des mesures par une estimation des pressions humaines potentielles sur chaque site. L'objectif des acteurs locaux étant de pouvoir contrôler ou anticiper le phénomène des proliférations, ils sont prêts à participer aux synthèses des résultats et aux réunions afin d'envisager les actions à mener.

3.3.2. Retours d'expériences

En complément de ces enquêtes, une recherche des expériences de réseau de suivi des cyanobactéries déjà en place, intégrant des actions de communication, a été réalisée (*Tableau 12*) afin d'enrichir les scénarii envisageables pour la partie « valorisation des données ».

Les expériences de réseau déjà existantes sont en accord avec les idées déjà proposées par les acteurs locaux.

Les types d'informations communiquées, en général, sont : les résultats des mesures (nbr. de cellules et teneur en M-LR), les précautions à prendre en fonction du seuil de l'avis du CSHPF atteint, les décisions prises par les responsables (limitation des activités, interdiction de baignade) mais aussi des informations sur la problématique des cyanobactéries et leurs enjeux, qui permettent de mieux interpréter les résultats du suivi.

Lors de l'étude de BERTRAND (2005), par exemple, les élus et la population avaient été sensibilisés à la problématique des cyanobactéries, via les bulletins municipaux. Les points abordés étaient la description des cyanobactéries et leurs risques sur la santé puis la situation actuelle et les méthodes utilisées pour le suivi ainsi que les solutions possibles. Enfin, ils avaient été informés des précautions à prendre et de ce que chacun pouvait faire.

Les supports possibles pour transmettre toutes ces informations sont le plus souvent des panneaux autour du plan d'eau. L'affichage permet d'avertir la population sur les risques liés aux cyanobactéries et sur les décisions prises (arrêtés concernant les activités : limitation ou interdiction) en application des recommandations du CSHPF. La création de plaquette ou de guides, disponibles dans les offices de tourisme, les bases de loisirs ou les mairies, est un autre outil de communication de l'information pour le public.

De plus, la plupart des réseaux de suivi mis en place, aujourd'hui, dispose d'un site Internet qui contient l'ensemble des informations sur les cyanobactéries et permet de suivre l'évolution des résultats des mesures grâce aux mises à jour régulières.

Enfin, les réseaux existants au Québec sont encore plus évolués. La communication se fait vers les acteurs concernés mais également vers tous les usagers des sites. Le réseau les incite à réaliser leurs propres observations et à les communiquer aux autorités responsables. Des guides et des fiches de terrain accessibles à tous servent d'appui à cette forme de collecte participative de l'information.

Par rapport aux actions à mener, mon étude n'aborde pas la réalisation d'études supplémentaires sur les origines de la pollution et de la prolifération de cyanobactéries, ce réseau étant un réseau de surveillance environnementale.

Mais à partir de ces expériences, des pistes sur les études à mener pourraient être identifiées selon les spécificités de chaque site par les responsables du réseau. Par exemple sur le site du Moulin Neuf, suite à l'étude de BERTRAND (2005), un diagnostic de bassin versant a été réalisé pour définir les origines du problème (GRENEUX & al., 2007).

Synthèse : Résultats de l'expérimentation

Les résultats du suivi des cyanobactéries sur les 3 sites tests sont représentatifs d'une année relativement peu sensible aux proliférations de cyanobactéries en raison d'une météo estivale caractérisée par des températures moyennes et une pluviométrie assez élevée.

Néanmoins, quelques pics de proliférations ont été observés et des analyses en laboratoire ont été effectuées. Le protocole de suivi a donc pu être testé dans sa totalité, permettant d'examiner ses intérêts et ses limites : aussi bien pour les paramètres à observer que pour les documents utilisés par les acteurs locaux. Par exemple, la plaquette photos peut être optimisée pour une meilleure interprétation de la situation. De même, les observations de la météo à un temps t donné de la journée ne représentent pas l'ensemble de la journée.

Le suivi en septembre a, quant à lui, permis de montrer que le phénomène touche tous les plans d'eau mais qu'il existe une grande hétérogénéité des situations. De plus, grâce à ce suivi, les résultats ont justifié l'intérêt et la fiabilité d'utiliser la sonde à phycocyanine comme outil de mesure.

Pour la partie « gestion des données », une base de données a été créée et testée avec les informations disponibles sur les 3 sites tests. Les modalités d'administration de cette base et la saisie des données restent à déterminer.

Enfin, le questionnaire auprès des acteurs locaux permet de lister les attentes d'un tel réseau par rapport à la communication et la valorisation des résultats. L'analyse de retours d'expériences de suivi des cyanobactéries apporte des pistes de solutions de communication et d'actions pour répondre à ces attentes. Le plus souvent, la communication consiste en un affichage des résultats sur les sites et une sensibilisation au problème des cyanobactéries auprès du grand public, notamment avec les précautions à prendre face à ces proliférations.

Structure responsable	Année du réseau	Etudes réalisées	Protocole	Partenaires	Communication	Actions
Syndicat mixte EDEN (44)	2005	Etude des sources d'apports en nutriments. Etude de faisabilité pour la mise en place d'une structure unique de bassin versant Mesures réalisées par la DDASS en 2001	Campagne mensuelle ou bimensuelle Période mars- octobre 2 sorties terrain pour des observations au cours de la campagne Analyses cyanobactéries en laboratoire et mesures physico-chimiques.	DDASS Bureau d'études BI-EAU (mesures sur le terrain) Laboratoire IDAC (analyses en laboratoire)	Résultats du suivi sur le site Internet (http://perso.orange.fr/eden-sur-erdre/index.htm) Synthèse à chaque fin de campagne	- sur l'assainissement (mise aux normes) - sur l'agriculture (zone tampon entre fossé et réseau hydrographique... - sur l'entretien des rivières (restauration des ceintures végétales ou zone de marais en bordure de rivière) Création d'un observatoire de l'Erdre pour 3 ans.
Institution interdépartementale du bassin de la Sèvre nantaise (85)	2003		Prélèvements par la DDASS	DDASS Vendée	- Plaquette d'informations sur les cyanobactéries (disponible sur le site Internet (http://www.sevre-nantaise.com))	
SYMIVA (Syndicat mixte de Vassivière) (23)	2004	Etudes complémentaires sur les causes du phénomène	Campagne hebdomadaire Période du 13 juin au 13 septembre Mesures transparence et température + analyses en laboratoire	DDASS (complément de suivi entre 13 juin et 26 août) Laboratoire Aquagestion Surveillants de baignade (formation)	Affichage des résultats des analyses et des précautions à prendre. Plaquette d'informations pour le public (poste de secours et offices du tourisme locales) Site (http://www.symiva.fr/)	Surveillance du réseau d'assainissement Création d'un groupe de travail en 2006 pour des solutions à moyen et long termes.
Ministère du Développement durable, de l'environnement et des Parcs (MDDEP) (Cas particulier du plan d'action de la Corporation Bassin Versant Baie Missisquoi, CBVBM) (Québec)	2004	Etude des sources d'apports en nutriments Diagnostic de bassin versant dans le cas du CBVBM	Périodicité ? Observations visuelles (aspect des fleurs d'eau et de l'écume, évaluation de leur étendue) + mesures transparence + analyses en laboratoire	Directions de santé publique (DSP) Laboratoires d'analyses	Guide d'identification des fleurs d'eau de cyanobactéries pour les reconnaître et sensibiliser davantage le citoyen à la problématique des cyanobactéries. Site Internet du MDDEP : http://www.mddep.gouv.qc.ca Site Internet du CBVBM : http://www.lcbp.org/PDFs/CBVBM_Bilan%202000-2005.pdf	Incitation auprès des citoyens à rapporter toutes situations suspectes à leur direction régionale du MDDEP à l'aide d'un formulaire « Constat visuel de la présence de fleur d'eau de cyanobactéries » Création d'une « charte des lacs » auquel le grand public peut adhérer (même principe que l'engagement pour la Terre de Nicolas Hulot en France). Contrôle des apports en phosphore (CBVBM): - en retirant les plantes aquatiques échouées, (limite le retour du phosphore à l'eau) - en finalisant les travaux d'assainissement des eaux usées - en installant des bandes riveraines et des avaloirs
Gorges du Tarn http://www.vet-lyon.fr/ensv/PDF/Toxicologie%20Env%20Point%20vet.pdf	2003	Autopsies réalisées sur des animaux morts	Analyses identification + dosage des toxines	DDSV (Direction Départementale des services vétérinaires)		- plan d'alerte et d'intervention, interdiction de la baignade
Syndicat des Eaux d'Ile de France	1997	Programme de recherche sur les toxines algales		Muséum d'Histoire Naturelle		

Tableau 12 : Synthèse d'expériences de suivi des cyanobactéries déjà mises en place en France

4. Faisabilité du réseau de suivi environnemental : discussion et propositions.

4.1. Maîtrise d'ouvrage et animation du réseau

❖ Maîtrise d'ouvrage et partenariats

Pour chaque étape de ce réseau de suivi, une ou plusieurs organisations départementales (co-maîtrise d'ouvrage) doivent gérer les procédures à mettre en place avec l'ensemble des partenaires.

La mise en œuvre du réseau nécessiterait une convention de partenariat réunissant au minimum : le Conseil Général du Morbihan, commanditaire de cette étude et acteur important dans la gestion des ressources en eau, la DDASS, autorité sanitaire pour la question des cyanobactéries et un ou des partenaires scientifiques à même d'œuvrer à l'amélioration des connaissances sur le sujet.

Par ailleurs, un comité de suivi départemental pourrait utilement participer au fonctionnement du réseau. Il comprendrait un nombre plus important d'acteurs concernés (services de l'Etat, collectivités territoriales, établissements publics...)

Il conviendrait, tout particulièrement, de bien articuler le réseau de surveillance environnementale des proliférations de cyanobactéries avec l'Observatoire de l'Eau et le réseau départemental patrimonial « réseau 56 ».

L'Observatoire de l'Eau est un réseau créé dans le Morbihan pour rassembler les données sur l'eau produites par divers organismes (débits des rivières, taux de nitrates, pesticides, bactériologie...). Les réseaux de suivi de l'eau sont gérés par les services de l'Etat (DDAF, DDE, DDASS, DIREN), le Conseil Général, l'Agence de l'eau, l'Ifremer, et, pour le compte de collectivités territoriales, par les producteurs d'eau potable.

Le « réseau 56 » est un réseau sous convention tripartite entre le département du Morbihan, l'Agence de l'Eau Loire Bretagne et la préfecture du Morbihan. Ce réseau de la qualité des eaux superficielles permet de regrouper différents réseaux entrant dans des cadres institutionnels divers, 43 points de suivis ont été sélectionnés et optimisés pour le constituer.

Afin de cadrer les orientations générales de fonctionnement du réseau, l'adoption d'une charte (*Figure 30*) par les acteurs du réseau serait à envisager.

Les avantages d'une charte sont la trace écrite de l'insertion au sein d'un réseau, le respect d'un protocole qui a déjà fait ses preuves et sur lequel on peut s'appuyer pour discerner des facteurs expliquant le phénomène.

Les inconvenients sont qu'une charte a un caractère d'engagement pouvant freiner certains acteurs à s'intégrer au réseau. De plus, elle peut ne pas être adaptée à tous les sites, il faudra alors que le comité de suivi en discute et l'adapte le cas échéant au cas par cas.

Cette charte permettrait finalement de préciser le rôle et la place de chaque partenaire et ses engagements lors de son adhésion à ce réseau de suivi environnemental. Elle pourrait tenir lieu de convention.

Propositions du contenu de la charte du réseau de suivi des cyanobactéries

- 1) Détermination du maître d'ouvrage, de ses partenaires et de l'autorité de chaque structure.
- 2) Détermination de la composition du comité de suivi : type de structure, compétences, rôles.
- 3) Détermination des intervenants extérieurs (laboratoire d'analyses...)
- 4) Détermination de l'agent local réalisant (bénévolement) le suivi quotidien (bihebdomadaire minimum).
- 5) Réalisation d'un montage financier pour la mise en place du réseau (coût total, financeurs, part d'investissement de chaque financeur)
- 6) Organisation d'une réunion par le comité de pilotage à chaque début et fin de campagne.
Début de campagne : validation du protocole, des moyens et des acteurs.
Fin de campagne : Synthèse des résultats et discussion des actions envisageables.
- 7) Respect du protocole de collecte des données lors du suivi des cyanobactéries (type de mesures, périodicité, transmission des fiches de suivi par l'agent local).
- 8) Approbation des modalités de communication à respecter (support d'informations, contenu des supports, lieu de communication).
- 9) Application des recommandations du CSPHF selon les résultats du suivi.
- 10) Initiatives pour contrôler le phénomène à moyen terme : discussion des procédures supplémentaires à engager en cas de proliférations. Réalisation d'une synthèse annuelle.

Figure 30 : Description du contenu de la charte du réseau de suivi des cyanobactéries.

❖ Animation du réseau

La mise en place d'un poste d'animateur semble pertinente si le réseau s'étend à l'ensemble du département. Son rôle serait de sensibiliser les acteurs locaux, de préparer les campagnes (réunions, formations...), les synthèses et d'aider à la communication des résultats selon les recommandations des autorités responsables.

Il serait l'intermédiaire entre les maîtres d'ouvrages et les collectivités notamment, en animant le comité de suivi en charge du traitement et de la valorisation des données. Ce rôle d'intermédiaire permettrait également de collecter des témoignages d'usagers, sur d'éventuels problèmes de santé et d'intervenir auprès des structures concernées (laboratoire, DSV...) lors de faits particuliers comme la mortalité d'oiseaux ou de poissons.

En 2007, deux cas de mortalités d'oiseaux ont été constatées (dont une à Belle-Île), mais les démarches pour évaluer le rôle des cyanobactéries ont été longues alors que le

phénomène de proliférations évolue vite. L'absence d'agent de relais est un obstacle pour établir un possible lien cause à effet avec les cyanobactéries.

La répartition du temps de travail d'animation peut s'évaluer de la façon suivante :

- réunions, mise en place du suivi pour la collecte des données = $\frac{1}{4}$ de temps plein.
- communication des résultats, synthèses, sensibilisation = $\frac{1}{2}$ de temps plein.

L'animation d'un tel réseau correspond à un $\frac{3}{4}$ de temps plein sur l'année même si la campagne de mesure ne dure que cinq mois. La mise en place du suivi et les groupes de travail sur la compréhension du phénomène pourront se dérouler durant les mois restants.

Le coût de l'animation du réseau est donc estimé à 2170 € brut par mois toutes charges comprises, soit environ 26 040 € par an.

4.2. Faisabilité pour la collecte des données

Pour la collecte des données, deux possibilités de protocole étaient envisagées.

Concernant un suivi uniquement au mois de septembre de tous les plans d'eau à enjeux, cette solution de suivi montre qu'elle est pertinente à mettre en place lorsque l'objectif est uniquement de suivre l'évolution du phénomène d'année en année afin de mieux **comprendre les tendances interannuelles globales du problème**. Mais ce protocole **ne répond pas à l'objectif consistant à disposer de résultats réguliers au cours de la saison estivale** pour permettre aux gestionnaires et propriétaires des plans d'eau d'être réactifs en cas de proliférations de cyanobactéries. Un suivi en septembre est donc insuffisant pour répondre aux attentes du réseau départemental de suivi environnemental des cyanobactéries telles que formulées par les acteurs concernés sur certains sites.

Le suivi entre mai et septembre semble plus adapté aux objectifs du réseau pour ces sites.

L'analyse des résultats obtenus sur les sites tests permet d'améliorer le protocole initial (§ 2.2.3) et d'estimer le coût du suivi sur une campagne de mai à octobre pour deux scénarii.

4.2.1. Modalités du protocole

4.2.1.1. Scénario n° 1 de protocole de collecte

❖ Observations et mesures de terrain

La **réalisation des mesures de début mai à fin septembre** correspond à la période de l'année à laquelle les cyanobactéries sont dominantes, elle est donc représentative de l'évolution annuelle du phénomène.

De plus, la synthèse des observations des acteurs locaux et des mesures réalisées par le technicien départemental montre que les paramètres quotidiens tels que la météo peuvent expliquer, en partie, les résultats obtenus lors des mesures à la sonde à phycocyanine chaque semaine. Par exemple, un temps pluvieux, les 3 jours précédents les mesures, peut expliquer une baisse de la teneur en phycocyanine.

La **périodicité des mesures**, aussi bien pour les acteurs locaux que pour le technicien départemental est **satisfaisante**.

Concernant le nombre de stations de mesures, les résultats du suivi du Lac au Duc (*Annexe 13*) montrent une hétérogénéité entre les 3 points de mesures. Cette hétérogénéité n'avait pas été constatée sur le plan d'eau de Réguiny, ce qui avait conduit à limiter les mesures sur un seul point début juillet. Le cas du Lac au Duc confirme la diversité qui existe pour les plans d'eau du Morbihan. **Le choix du nombre de stations doit donc se faire selon les caractéristiques (taille, forme, profondeur notamment) de chaque plan d'eau**. Par exemple, pour le site de Pen Mur, une station n'était pas suffisante, de part l'étendue du plan d'eau (36 ha), pour avoir une représentation fiable du phénomène sur l'ensemble de l'étang.

Pour les **paramètres physico-chimiques**, l'analyse de la campagne 2007 montre qu'aucune relation simple ne peut être établie entre la présence de cyanobactéries et le pH ou le taux d'O₂ dissous. **L'arrêt du suivi de ces paramètres est envisageable** et permet une réduction du coût du suivi (prix de la sonde oxymètre-pHmètre). Néanmoins, l'O₂ dissous est

un bon indicateur du phénomène d'eutrophisation. Le choix d'intégrer ces mesures au protocole dépend donc des objectifs finaux du réseau : suivi spécifique des cyanobactéries ou élargissement à la problématique de l'eutrophisation.

Enfin, pour l'utilisation de la sonde à phycocyanine, les résultats de la campagne de septembre ont confirmés la corrélation des valeurs mesurées avec les analyses en laboratoire. Cet outil semble donc pertinent pour permettre une plus grande réactivité de la part des décideurs.

❖ Analyses en laboratoire

Concernant le déclenchement des analyses, le **seuil de 100 µg/l de PC peut être conservé**. En effet, dans le cas du Lac au Duc, les analyses sont réalisées toutes les semaines ; même si le suivi est précis puisque le nombre exact de cyanobactéries et la teneur en microcystines sont connus chaque semaine (*Annexe 13*), le coût d'un tel protocole est important. De plus, sur cette campagne 2007, les analyses systématiques n'étaient pas forcément pertinentes car la prolifération a été très faible pendant une bonne partie de la saison (< 20 000 cellules/ml).

En revanche, **un seuil intermédiaire à 40 µg/l de PC pourrait utilement être mis en place**. En effet, d'après le tableau de corrélation (§ 2.2.3.a, *Tableau 9*), une valeur de 40 µg/l correspond à un intervalle de 22 153 cellules à 27 887 cellules/ml. Ce dernier seuil pourrait permettre de recommander l'application de l'avis du CSHPF, pour le niveau d'alerte 1 (>20 000 cellules/ml). Ce seuil serait à considérer comme un bon indicateur mais pourrait toujours le cas échéant être vérifié par des analyses en laboratoire. Pour les décideurs, le surcoût se traduirait par la mise en place de moyens dès le niveau d'alerte 1 (information de la situation).

❖ Documents fournis pour le suivi

Les documents créés lors de la campagne 2007 sont utiles (fiche de suivi, commentaires sur les paramètres à observer, plaquette photos), mais la **plaquette photos est à améliorer** et ne doit pas limiter l'interprétation des observateurs (il suffirait, par exemple, d'ajouter un champ de commentaires en plus du numéro de la photo).

4.2.1.2. Scénario n° 2 pour le protocole de collecte

Un **autre scénario**, fondé sur des niveaux de protocole différents suivant les plans d'eau, est envisageable pour limiter le coût des analyses. Les **analyses à partir du seuil de 100 µg/l sont effectuées uniquement sur certains sites, présentant le plus de risques compte tenu des activités**. Sur les autres sites, soit les observations et les mesures sur le terrain sont réalisées mais sans analyses en laboratoire (scénario 2a), soit une mesure et une analyse en septembre uniquement sont effectuées (scénario 2b). Cette nouvelle hypothèse implique de faire une sélection plus précise, à partir de la liste des sites à enjeux, entre les sites les plus à risque et ceux moins sensibles.

La liste principale, proposée en première approche, est composée des 16 sites ayant des activités nautiques (voile, pédalo, canoë, baignade non autorisée...) et/ou une activité d'adduction en eau potable.

La liste secondaire est composée de 8 sites, principalement ceux n'accueillant qu'une activité de pêche.

Concernant les 8 sites d'adduction en eau potable, une hypothèse intermédiaire envisagerait de les inclure dans la liste secondaire et non principale (les eaux traitées faisant déjà l'objet d'un suivi pour le paramètre M-LR). On aurait alors seulement 8 sites dans la liste principale et le coût des analyses en serait encore réduit.

Scénario 2 : Protocole à 2 vitesses

- Pour la liste principale : suivi de mai à septembre avec observations et mesures quotidiennes pour l'acteur local et hebdomadaires pour le technicien. Les analyses en laboratoire sont réalisées lorsque la sonde atteint 100 µg/l (saturation de la sonde).

- Pour la liste secondaire :
 - a. suivi de mai à septembre identique au précédent (ou sans observations quotidiennes), excepté qu'aucune analyse n'est réalisée sur ces sites quelque soit la mesure à la sonde à phycocyanine.ou
 - b. fin septembre, une mesure de terrain et une analyse en laboratoire est effectuée.
Cette dernière étape de suivi permet de constater l'évolution du phénomène de proliférations d'année en année à un temps donné, pour ainsi une meilleure compréhension du phénomène sur le long terme.

Le coût financier pour les analyses en laboratoire va dépendre du nombre de sites sur la liste principale (§ 4.2.3).

En première approche, les propositions de listes principale et secondaire sont basées sur les usages en cours sur les plans d'eau. Il conviendrait à terme d'établir ces listes selon des critères environnementaux afin de bien s'inscrire dans les objectifs du réseau.

4.2.2. Acteurs réalisant le suivi

❖ Acteurs locaux

L'expérimentation sur les trois sites a permis d'intégrer différents acteurs locaux comme observateurs dans le suivi des cyanobactéries. Le constat est que les collectivités et les animateurs d'activités nautiques se sont les plus investis dans le suivi.

Le gestionnaire en eau potable a été plus difficile à intégrer. Comme ce dernier réalise déjà un suivi sur l'eau traitée, ce suivi environnemental journalier est plus une contrainte pour lui et affiche moins d'attentes de cette expérience.

Pour l'activité de pêche, le site de Pen Mur était une exception, car le président de l'association de pêche réalisant les observations habite à proximité du plan d'eau. En général, il est difficile de trouver un pêcheur venant quotidiennement sur le plan d'eau.

Lors de la mise en place du réseau de suivi pour les observations de terrain, le type d'acteurs locaux à privilégier serait donc, lorsque le propriétaire est une commune ou une collectivité, un technicien de la structure. Dans le cas d'activités nautiques, l'animateur est encore plus sensible au sujet et souvent le premier à s'investir.

❖ Technicien départemental

Pour le suivi hebdomadaire, l'hypothèse, de confier aux observateurs locaux les mesures à l'aide de la sonde sur chaque site, n'est pas envisagée car le coût pour financer le matériel (8000 € la sonde à PC) est trop important pour 25 sites ou même 18 sites (scénario 2). L'objectif consisterait à mutualiser une sonde pour l'ensemble des sites. Il faut donc déterminer un technicien départemental ; plusieurs solutions sont possibles (*Tableau 13*).

	Technicien rattaché au Conseil Général (CG)	Technicien d'un laboratoire d'analyses
Avantages	- Centralisation immédiate des données collectées	- Travail sous-traité limite les moyens à mettre en place pour l'organisme départemental (CG)
Inconvénients	- Réalisation uniquement des mesures implique un travail redondant et insuffisant pour un poste à temps plein sur l'année*	- Temps sur le terrain très important (3 à 4 jours pour réaliser les mesures sur les 25 sites à enjeux) = Coût important de la prestation

Tableau 13 : Avantages et inconvénients pour les différentes possibilités de technicien départemental

*Dans le cas où le choix se porterait sur un technicien rattaché au Conseil Général ou à une autre structure départementale différente du laboratoire d'analyses, l'estimation du temps de travail de ce technicien serait en moyenne d'une semaine pour réaliser l'ensemble des 25 sites, elle dépend principalement de la distance entre les différents sites, le temps pour réaliser les mesures étant de 15 min environ. Le temps de travail représente environ un temps plein, pendant 5 mois (de mai à septembre).

La meilleure solution semble de sous-traiter ce travail à un laboratoire d'analyses départemental. D'autant plus, que les laboratoires comme le LDA à Vannes ou le CGI ont été formés, par le laboratoire ECOBIO de l'Université de Rennes 1, pour réaliser des analyses spécifiques aux cyanobactéries. Ils sont dorénavant investis dans cette problématique et semblent motivés par un tel projet.

4.2.3. Coût pour la collecte des données

Les frais de déplacements (*Tableau 14*) dépendent du choix effectué pour le technicien départemental. Si un technicien rattaché au CG réalise les mesures, des frais de déplacements sont à prévoir. Le temps de travail, pour les 5 mois, peut être estimé à 9 000€ brut.

Si un laboratoire d'analyses effectue les prélèvements et les mesures, les frais de déplacements et le temps de travail du technicien de laboratoire sont alors intégrés dans la prestation.

L'estimation du coût total pour la collecte des données est aléatoire pour chaque site. Par exemple, durant la campagne 2007, le site de Pen Mur n'a pas nécessité d'analyses alors que sur le site de St Malo de Beignon, les analyses ont été effectuées quasiment tous les 15 jours. Dans le premier cas, le poste « analyses » est à 0 € alors que pour St Malo de Beignon, il est à 1520 € (8 analyses complètes sur la campagne, 190 €/analyse).

De plus, on a montré (§ 4.2.1.2) que le coût des analyses dépendait du nombre de sites dans la liste principale si on considère le scénario 2.

Coût des analyses en laboratoire selon le scénario choisi

Cas n°1 : Scénario 1

On suppose que sur 25 sites à enjeux, 1 sur 3 dépassent systématiquement le seuil durant les 5 mois de campagne. Les analyses étant réalisées tous les 15 jours pendant 5 mois (mai à septembre), on a alors :

$$9 \text{ sites} * 10 \text{ analyses/an} = 90 * 190 \text{ €/analyse} = \mathbf{17\ 100 \text{ €/an}}$$

Cas n°2 a : Scénario 2 a

On suppose toujours que 1 site sur 3 atteignent 100 µg/l durant toute la campagne de mesure. Mais aucune analyse n'est réalisée sur les sites de la liste secondaire.

On a alors :

Liste principale avec 18 sites (activités nautiques + AEP)

$$6 \text{ sites} * 10 \text{ analyses/site/an} = 60 * 190 \text{ €/analyse} = \mathbf{11\ 400 \text{ €/an}}$$

Liste principale avec 9 sites (sans AEP uniquement)

$$3 \text{ sites} * 10 \text{ analyses/site/an} = 30 * 190 \text{ €/analyse} = \mathbf{5\ 700 \text{ €/an}}$$

Cas n°2 b : Scénario 2b

Liste principale avec 18 sites (activités nautiques + AEP) de mai à septembre

$$6 \text{ sites} * 10 \text{ analyses/site/an} = 60 * 190 \text{ €/analyse} = 11\ 400 \text{ €/an}$$

Liste secondaire avec 7 sites (+ les 2/3 de la liste principale n'ayant pas eu d'analyses auparavant) en septembre

$$19 \text{ sites} * 1 \text{ analyse/site} = 19 * 190 \text{ €} = 3\ 610 \text{ €}$$

Le coût total du scénario 2b avec 18 sites en liste principale est de **15 010 €/an**.

Liste principale avec 9 sites (sans AEP uniquement)

$$3 \text{ sites} * 10 \text{ analyses/site/an} = 30 * 190 \text{ €/analyse} = 5\ 700 \text{ €/an}$$

Liste secondaire avec 16 sites (avec les sites AEP) (+ les 2/3 de la liste principale n'ayant pas eu d'analyses auparavant) en septembre

$$22 \text{ sites} * 1 \text{ analyse/site} = 22 * 190 \text{ €} = 4\,180 \text{ €/an}$$

Le coût total du scénario 2b avec 9 sites en liste principale est de **9 880 €/an.**

Poste	€	Commentaires
Investissement		
Sonde à phycocyanine	8 000 €	Prix d'une sonde
Thermomètre	124 €	1 par acteur local + 1 pour le technicien
Disque de Secchi	465 €	1 par acteur local + 1 pour le technicien
<i>Total investissement</i>	<i>8 589 €</i>	<i>(31 thermomètres + 31 disques de Secchi)</i>
Frais de fonctionnement		
Acheminement des prélèvements	12 €	ponctuellement s'il est impossible d'acheminer les prélèvements soi-même dans les 48H
Prestation des mesures et prélèvements	9 000 €	
Analyses labo.		
Comptage/identification	67 €	HT par échantillon
Chlorophylle a	26 €	HT par échantillon
MLR HPLC	97 €	HT par échantillon
<i>Total analyses labo.</i>	<i>17 100 €</i>	<i>Scénario 1 (cf ci-dessus les autres scénarii)</i>
Frais de déplacements		
Essence	5 250 €	pour la campagne (mai à septembre) 150km/jour à 0,35€/km
Repas	1 000 €	pour la campagne (mai à septembre) 45€/semaine
Total fonctionnement Scénario 1	32 350 €	pour une campagne de suivi

Tableau 14 : Evaluation du coût pour la collecte des données avec le scénario 1 (hors salaire technicien départemental).

Total fonctionnement	Avec 18 sites	Avec 9 sites
Scénario 2a	26 650 €/an	20 950/an €
Scénario 2b	30 260 €/an	25 130/an €

Tableau 15: Evaluation du coût pour la collecte des données avec les scénarii 2a et 2b.

Dans tous les cas, le scénario 2 (Tableau 15) permet un moindre coût pour les analyses en laboratoire que le scénario 1.

4.3. Faisabilité par rapport à la gestion des données

L'utilisation d'une base de données semble indispensable pour centraliser toutes les informations collectées dans la phase précédente. Cet outil permet de rassembler des paramètres globalement constants (superficie, caractéristiques du plan d'eau...) et des paramètres périodiques (mesures sur le terrain, météo...).

4.3.1. Organisation du réseau pour la gestion des données

La première étape est la conception et la construction de la base de données. La base de données telle qu'elle a été présentée (§ 3.3.2) n'est qu'une première version de la base de données « suivi environnemental cyanobactéries », il faut donc penser à l'organisme chargé de sa création. Deux possibilités peuvent être envisagées : soit le Conseil Général s'en charge, soit il sous-traite auprès d'un prestataire de service.

Cette deuxième solution permettrait d'obtenir plus rapidement une base complète et fonctionnelle, mais elle implique une formation, sur l'utilisation et la structure de la base de données, pour la personne chargée de la saisie des données.

Il reste encore la question de la saisie des données. Les avantages et les inconvénients de deux solutions sont évalués: soit une saisie par un salarié du Conseil Général uniquement, soit une saisie décentralisée entre les acteurs locaux et le technicien de laboratoire (*Tableau 16*).

La première solution semble plus pertinente, elle permet des résultats plus homogènes pour évaluer de façon pluriannuelle l'évolution du phénomène de proliférations. Ce technicien de saisie rattaché au Conseil Général ou à l'un de ses partenaires administrerait également la base. Enfin, il serait en charge de valider les données fournies par les acteurs locaux.

Ce rôle de saisie pourrait être rempli par l'animateur du réseau ou par le technicien de laboratoire. Les deux laboratoires d'analyses du département, le LDA et le CGI, se sont investis depuis 2006 dans la problématique « cyanobactéries » en réalisant les analyses dans le cadre du suivi DDASS. En revanche, si les résultats des analyses sont saisis par le technicien du laboratoire, celui-ci n'aurait pas pour rôle de saisir également les données fournies par les acteurs locaux.

Les autres données contenues dans la base seront validées par le comité de suivi. Ces données pourront ensuite être traitées par les différents partenaires selon leur domaine de compétences.

Afin de permettre l'accès à la base de données aux acteurs concernés, elle pourrait être mise en ligne sur un site Internet, accessible à l'aide d'un identifiant. Ainsi, la transmission des résultats est plus rapide et le traitement des données est facilité.

4.3.2. Coût pour l'étape « gestion des données »

Le coût pour créer et gérer cette base de données est calculé à partir des propositions : de sous-traiter la conception de la base de données et de réaliser l'ensemble de la saisie par un technicien départemental. Le technicien valide les données, les met à jour et initie le traitement des données avec le groupe de travail. Le temps de travail est estimé à un quart de temps plein sur l'année (*Tableau 17*).

	Saisie par le technicien du CG	Saisie par les acteurs locaux et le technicien du CG
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> + Hiérarchie : CG chapeaute le projet. Facilite la mise à jour d'un point de vue organisationnel. + Personne unique pour la saisie : homogénéité de la saisie. Comparaison pertinente. + Pas d'investissement supplémentaire des acteurs locaux 	<ul style="list-style-type: none"> + Meilleure transmission de l'information + Acteurs locaux plus importants dans le réseau : considération + Moins de contrainte de temps et de moyen pour l'organisation départementale
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Infos centralisées : communication en différé des résultats aux acteurs locaux - Moyens importants : une personne pour la saisie (technicien : mesures + saisie) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place de la BDD en réseau (logistique) - Saisie pouvant être non homogène (saisie par une personne différente sur chaque site) - Pas de hiérarchie : difficulté de gérer tous les acteurs si saisie correcte. Retard à la mise à jour - Investissement en temps supplémentaire pour les acteurs locaux - Qui saisit les données du laboratoire ?

Tableau 16 : Avantages et inconvénients de chaque solutions pour la partie « gestion des données ».

Poste	€	Commentaires
Investissement		
Conception de la BDD	3 000 €	prestataire de service
Ordinateur	500 €	
Logiciel SGBD	300 €	HT (Access)
Logiciel SIG	2 300 €	HT (Arcview ou MapInfo)
Frais de fonctionnement		
Salaire du technicien	8 670 €	¼ de temps plein à 722,5 € brut/mois toutes charges comprises
Maintenance du logiciel SIG	1 000€	/an
Total fonctionnement	9 670 €	pour une campagne de suivi

Tableau 17 : Estimation du coût pour la gestion des données

4.4. Faisabilité par rapport à la valorisation des données

Cette partie de l'étude regroupe aussi bien ce qui concerne la communication des données disponibles (résultats des mesures, informations générales sur les cyanobactéries) que la compréhension du phénomène à plus ou moins long terme.

4.4.1. Structure responsable de la communication et de la valorisation des résultats

Tout d'abord, comme l'ont montré les attentes des acteurs locaux, la communication autour de cette problématique doit se faire avec prudence et discernement. La mise en place d'une structure chargée de valider toutes formes de communication peut donc permettre de maîtriser l'information.

Cette structure serait le comité de suivi ou comité de pilotage qui, en plus de la communication des résultats, proposerait aux décideurs des éléments d'interprétation et un rappel du cadre réglementaire. La DDASS pourrait parallèlement formuler les recommandations de gestion du risque sanitaire à mener à court terme, à partir de l'examen des résultats.

Le comité de suivi est indispensable pour se rendre compte du bon fonctionnement du suivi sur chaque site, mais faut-il mettre en place un comité de suivi départemental ou un comité par site ?

Il semblerait qu'un **comité départemental** (*Tableau 18*) soit plus approprié car il **permet une vue d'ensemble du réseau de suivi départemental**. La compréhension du phénomène et de son évolution est facilitée car l'ensemble des résultats des différents sites est géré par un seul comité. Ce comité doit représenter l'ensemble des compétences nécessaires, pour répondre aux différentes attentes : avis sanitaire, analyse scientifique, avis relatif à la gestion de la ressource en eau.

Il pourrait donc se composer des représentants suivants : les maîtres d'ouvrages (Conseil Général, DDASS et partenaire scientifique), Syndicat de l'Eau, Agence de l'Eau Loire Bretagne, MISE, syndicat de bassin versant, propriétaires et gestionnaires de sites, animateur des activités nautiques, gestionnaire de l'adduction en eau potable, laboratoires d'analyses...

Cette option n'interdit pas, en outre, la constitution de comités de pilotage locaux sur certains sites, pour suivre plus précisément chaque étape du suivi de leur site.

4.4.2. Public visé par la communication des données

Les résultats seraient communiqués aux propriétaires et gestionnaires de sites à qui revient la décision relative aux modalités de diffusion des informations (quelles données, à quels publics...). Au-delà de la communication des résultats, chacun des partenaires pourra utiliser les données dans son domaine de compétences.

Chaque propriétaire de site et/ou chaque comité de suivi local décideraient selon les enjeux sur son site de communiquer ou non les résultats au grand public (*Tableau 19*). Ce scénario intermédiaire permet de s'adapter selon les enjeux de chaque site. En effet, certains acteurs locaux (§3.2.3) ont souligné que selon les activités sur le plan d'eau,

	Comité départemental	Comité à l'initiative de chaque site
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> + Communication plus large. Synthèse générale de la situation. + Homogénéité du suivi (protocole, mesures...) entre les sites. + Comparaison plus évidente 	<ul style="list-style-type: none"> + Plus précis par rapport aux caractéristiques spécifiques au site. + Mise en place facile des réunions.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Réunion importante (organisation difficile : date commune à tous, temps de réunion...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sectorisation de l'information par site. - Prise de décision à l'échelle du département difficile. Comparaison difficile. - Multiplication des réunions pour les représentants départementaux

Tableau 18 : Avantages et inconvénients sur la mise en place d'un comité départemental ou par site.

	Grand public informé	Grand public non informé
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> + Transparence du problème (mais nécessite d'informer auparavant sur la problématique des cyanos). 	<ul style="list-style-type: none"> + Centralisation de l'information. + Pas de panique inutile. Pas de réaction démesurée.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Moyens supplémentaires à mettre en place (animation, sensibilisation...) - Conflits possibles avec certains acteurs voisins sur les causes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Manque de transparence - Possibilité que les habitants soient en contact avec le plan d'eau sans que les gestionnaires et les décideurs ne soient informés. - Lors de mise en place d'actions : explication nécessaire !

Tableau 19 : Avantages et inconvénients d'informer ou non le grand public (usagers du plan d'eau, touristes...).

l'information du phénomène de proliférations des cyanobactéries et des résultats du suivi étaient peu pertinents.

D'autre part, il apparaît que les acteurs du site sollicités pour participer au suivi (ex : animateur activités nautiques), devraient en retour être informés des résultats, ce qui pourrait soulever des difficultés dans le cas de propriétaires émettant le souhait de ne rien divulguer.

Enfin, la participation au réseau supposerait, pour les acteurs locaux, d'accepter de voir les résultats relatifs à leurs sites utilisés par d'autres partenaires et éventuellement diffusés à l'échelle départementale. Compte tenu de la sensibilité du sujet et de l'impact socio-économique que ces résultats peuvent induire, ce point doit être clairement défini au début pour chaque plan d'eau.

4.4.3. Types d'utilisation des résultats et supports de communication

Le travail du comité de suivi recouvre 3 grands types d'utilisation des résultats du réseau :

- l'information de la situation des proliférations de cyanobactéries et de l'évolution du phénomène dans le département,
- la communication des résultats du suivi sur les sites,
- la compréhension du phénomène afin de mettre en place des actions.

La forme, sous laquelle ces données seront communiquées, dépendrait principalement du public visé. Pour chaque utilisation des données, des supports à mettre en place pour les décideurs et les acteurs locaux puis ceux pour le grand public sont proposés.

4.4.3.1. Information de la situation dans le département

Les résultats du réseau sont associés aux résultats déjà existants dans la bibliographie sur des campagnes de mesures précédentes afin de déterminer la situation générale du phénomène de proliférations des cyanobactéries dans le Morbihan. Cette information vise à sensibiliser les usagers au contexte actuel et à bien cadrer la démarche dans laquelle est mis en place ce suivi.

❖ Supports d'information pour les décideurs et acteurs locaux

Grâce aux retours d'expériences et d'après les attentes des acteurs, la mise en place, pour les décideurs et les acteurs locaux, d'une **lettre d'information en début de campagne et une synthèse annuelle pour chaque site**, permet de décrire la situation départementale et l'évolution du phénomène dans le Morbihan. De plus, le comité pourra **organiser une réunion en début et en fin de campagne avec l'ensemble des acteurs concernés** afin de répondre aux questions et de mieux comprendre les attentes de chacun au sein du réseau.

La synthèse annuelle par site pourrait, par exemple, utiliser la trame de la synthèse réalisée par le comité de suivi du Lac au Duc (*ANONYME, 2006b*) ou les DDASS (*ANONYME, 2007*).

❖ Supports d'information pour le grand public

Concernant le grand public, après la **distribution de plaquettes** comme celle réalisée dans l'étude de BERTRAND (2005), une **réunion** peut être envisagée **afin de sensibiliser les usagers concernés**, s'ils en font la demande. Ces plaquettes peuvent être disponibles sur les bases de loisirs, dans les offices de tourisme, en mairie ou dans la lettre du Maire en début de campagne. Elles peuvent également être téléchargeables à partir d'un site Internet. Différents sites, en lien avec la problématique des cyanobactéries, sont possibles : celui du Conseil Général, celui de l'Observatoire de l'eau et/ou encore celui de l'ODEM.

Ensuite, pour la diffusion des résultats du suivi, le distinguo doit être fait entre l'avis sanitaire donné sous forme de recommandations à partir des résultats et l'analyse environnementale réalisée également à partir des résultats afin d'étudier le phénomène et son évolution. On s'intéresse, tout d'abord, à court terme à l'utilisation des résultats du point de vue sanitaire afin de répondre aux attentes des acteurs locaux (4.4.3.2), puis à la communication, du point de vue environnemental, des résultats après analyse (4.4.3.3).

4.4.3.2. Communication des résultats du suivi sur les sites

❖ Supports pour les décideurs et acteurs locaux

Pour cette phase «communication des résultats», les décideurs et les acteurs concernés (ex : comité de suivi) reçoivent un **courriel contenant les résultats des mesures** du technicien départemental (ou technicien de laboratoire) dans les 24h suivant ces mesures. Si des analyses sont effectuées, ils reçoivent un second mail avec les résultats d'analyses dès que ces données sont connues. La transmission des données par e-mail permet une plus grande réactivité.

Les observations de terrain, réalisées par les acteurs locaux, sont, quant à elle, transmises au technicien chargé de la saisie des données à chaque début de mois suivant.

❖ Supports pour le grand public

Tout d'abord, comme le montre le cas du Lac au Duc (§ 3.1.4), il est nécessaire de réaliser une information jusqu'à fin septembre/début octobre si des activités nautiques à risques ont encore lieu sur le site, même si la période estivale est terminée.

Le grand public est informé par voie **d'affichage sur le plan d'eau et en mairie**. Cet affichage comporte les résultats du suivi hebdomadaire (ou mensuel) et rappelle les précautions à prendre. L'information pourra également être accessible sur le site Internet de la commune ou celui de l'EPCI, s'il en dispose d'un.

4.4.3.3. Compréhension du phénomène

Ensuite, l'un des objectifs d'un tel réseau étant de progressivement pouvoir mieux connaître et anticiper le phénomène, il faut étudier sous quelles formes seront exploitées ces données : à court terme avec la mise place d'actions de précaution et de gestion du risque, sous l'autorité de la DDASS et sur le moyen terme avec la mise en place d'actions visant à limiter le phénomène.

❖ Actions à court terme

La charte présentée précédemment (§ 4.1.) inciterait les décideurs à suivre les recommandations sanitaires données par la DDASS, selon l'avis du CSHPF. Une sensibilisation et information du public en cas de proliférations de cyanobactéries au-dessus du seuil des 20 000 cellules/ml, puis, une limitation ou interdiction des activités récréatives si le seuil des 100 000 cellules/ml est atteint.

❖ Actions à moyen terme

La charte (§ 4.1.) mentionnerait aussi des orientations pour la mise en place d'actions à moyen terme. Il s'agirait notamment de diagnostics locaux visant à améliorer les connaissances sur le phénomène. En outre, une synthèse annuelle, regroupant l'ensemble des sites, étudierait les pistes pouvant expliquer les raisons de ces proliférations. Cette synthèse, réalisée par le comité de suivi, pourrait s'inspirer de la trame de celle de la DDASS sur les sites de baignade suivis en Bretagne chaque année (ANONYME, 2005a, 2006b, 2007).

De plus, cette synthèse pourrait s'effectuer en lien avec l'Observatoire de l'eau du Morbihan, les laboratoires universitaires travaillant sur la problématique, tels que le laboratoire ECOBIO de l'Université de Rennes 1 ou encore la DDASS qui réalise déjà un suivi sanitaire... Ce groupe de travail, grâce aux divers points de vue, serait à même d'analyser les évolutions, les tendances sur les facteurs intervenants et de proposer des orientations d'actions pertinentes.

4.4.4. Coût pour la valorisation des résultats

Cette estimation du coût (Tableau 20) dépend de la politique de communication mise en place sur chaque site. On considère que chaque support est réalisé pour les trois grands types d'utilisation des résultats.

De plus, pour les frais de fonctionnement de cette partie, il ne faut pas oublier le coût de l'animation, déjà estimé ci-dessus (§ 3.1), qui représente la plus grande part du travail de l'animateur, environ un mi-temps sur l'année.

Poste	€	Commentaire
Investissement		
Tableau d'affichage	6 200 €	200 € par site
Frais de fonctionnement		
Reprographie	4 500 €	par site (affichage, plaquette, lettre d'information, documents de synthèse)
Reprographie de la synthèse générale	100 €	par an pour l'ensemble des sites
Total fonctionnement	4 600 €	pour une campagne de suivi, avec 30 sites

Tableau 20 : Estimation du coût pour la valorisation des données (hors animation).

4.5. Synthèse sur l'organisation et la mise en place du réseau de suivi proposé

4.5.1. Organisation du réseau de suivi départemental

❖ Maîtrise d'ouvrage, partenariat et animation

La maîtrise d'ouvrage pourrait être assurée par le Conseil Général, la DDASS et un partenaire scientifique dans le cadre d'une convention de partenariat. Ce réseau pourrait utilement être lié aux démarches existantes comme le « réseau 56 » et celui de l'Observatoire de l'Eau, afin de faciliter sa mise en place.

L'animation du réseau serait confiée à un animateur, qui peut être rattaché au Conseil Général ou à l'un de ses partenaires (services de l'Etat appartenant à l'Observatoire de l'Eau...). Si un tel poste est mis en place, l'animateur pourrait également être le référent pour la saisie et la gestion des données. On crée ainsi un poste à temps plein sur l'année : 75 % pour l'animation et 25 % pour la gestion de la base.

Un comité de suivi ou de pilotage, réunissant les différents acteurs concernés (services de l'Etat, collectivités, syndicat de bassin versant, animateurs d'activités nautiques...), contribuerait également au fonctionnement de ce réseau.

La charte, rédigée par le comité de suivi, regroupe les informations sur l'organisation du réseau, les engagements de chacun et les règles à respecter. Elle doit être acceptée par tous les acteurs s'investissant dans le réseau de suivi départemental.

❖ Collecte des données

- des acteurs locaux sur chaque site réalisent les observations de terrain. Ces acteurs peuvent être des techniciens de commune ou de collectivité ou encore les animateurs des activités nautiques pratiquées sur le plan d'eau.

- un prestataire de services (technicien de laboratoire LDA ou CGI) effectue les mesures à la sonde à phycocyanine et les analyses en laboratoire.

❖ Gestion des données

- un prestataire de services réalise la conception et la construction de la base de données.

- un technicien départemental gère la base de données (saisie des résultats et administration de la base). Ce travail représente un quart de temps plein, pouvant être réalisé par l'animateur (*cf ci-dessus*) ou par le technicien de laboratoire faisant les analyses.

❖ Valorisation des données

- le comité de suivi départemental gère la communication des résultats aux décideurs locaux, accompagnée d'une interprétation et d'un rappel du cadre juridique.

- chaque acteur du réseau utilise les données selon ses compétences, notamment :
 - la DDASS pour établir des recommandations sanitaires
 - le Conseil Général pour orienter sa politique de gestion de la ressource en eau
 - le(s) partenaire(s) scientifique(s) pour analyser le processus en jeu.

- l'animateur transmet les résultats du suivi aux décideurs et aux acteurs locaux par mail chaque semaine et au grand public, sous accord des décideurs, par affichage sur le site ou en mairie.

- cet animateur, sous la responsabilité du comité de suivi, informe de la situation et de l'évolution du phénomène de proliférations des cyanobactéries à l'échelle du département. La réalisation de plaquettes permet de sensibiliser le grand public, alors que, pour les décideurs, un rapport annuel est plus adéquat. Ce rapport annuel pourrait être intégré aux paramètres suivis par l'Observatoire de l'eau et disponible sur leur site Internet (ou sur le site du Conseil Général par exemple).

- le comité de suivi, en association avec les laboratoires universitaires travaillant sur la problématique « cyanobactéries », avec l'Observatoire de l'eau auquel la DDASS, déjà impliquée dans le suivi sanitaire dans le Morbihan, appartient, organise des groupes de travail afin de comprendre le phénomène. Ces travaux de recherche, à partir des résultats du suivi, permettraient *in fine* de prendre des décisions pour limiter le phénomène de proliférations à moyen terme.

Le comité de suivi doit proposer les actions possibles à moyen terme aux acteurs locaux concernés. Ces décisions doivent être concertées selon les caractéristiques de chaque site. Si le phénomène de proliférations est établi et pose de réels problèmes pour le responsable du site, des études complémentaires peuvent être proposées, comme sur le site du Moulin Neuf où un diagnostic du bassin versant a été réalisé (*GRENEUX & al., 2007*). Ces études sont spécifiques à chaque site et sont donc à la charge des décideurs (propriétaires et gestionnaires) du site, une contribution départementale pouvant être discutée.

4.5.2. Coût du réseau de suivi des cyanobactéries

Le coût du réseau de suivi départemental (*Tableau 21*) n'est qu'une estimation, car les postes dépendent du nombre de sites suivis et en particulier le poste « analyses en laboratoire ». Néanmoins, la partie la plus importante du financement concerne les moyens humains pour l'animation, la réalisation des mesures et la gestion de la base.

Cette estimation se base sur les trois scénarii possibles et sur l'hypothèse de 18 sites dans la liste principale pour les scénarii 2a et 2b (§ 4.2.1). Les frais de fonctionnement sont donnés pour une campagne de suivi (par an).

Les financeurs possibles pour la mise en place d'un tel réseau de suivi à l'échelle du département seraient : le Conseil Général du Morbihan, l'Agence de l'eau, les structures de bassins versants, les collectivités ou les communes concernées, le Syndicat Départemental de l'Eau pour les sites d'adduction en eau potable...

Investissement		Fonctionnement/an			
Poste	€	Poste	€		
		Collecte des données			
			Sc.1	Sc.2a*	Sc.2b*
Sonde à phycocyanine	8 000 €	Analyses labo.	17 100 €	11 400 €	15 010 €
Thermomètres	124 €	Frais de déplacements (essence + repas)			6 250 €
Disques de Secchi	465 €	Prestation des mesures et prélèvements			9 000 €
		Gestion des données			
Conception de la BDD	3 000 €	Maintenance du logiciel SIG			1 000 €
Ordinateur	500 €	Salaire pour la saisie des données (¼ temps plein)			8 670 €
Logiciel SGBD	300 €				
Logiciel SIG	2 300 €				
		Communication des données			
Tableau d'affichage	6 000 €	Reprographie			4 500 €
		Reprographie de la synthèse générale			100 €
		Animation du réseau			
		Animateur 35H (3/4 temps plein)			26 040 €
		Frais de déplacements (réunions,...)			1 000 €
Total investissement	20 689 €	Total fonctionnement/ an	73 660 €	67 960 €	71 570 €

Pour les scénarii 2 a et 2 b, on a pris comme hypothèse que la liste principale est composée de 18 sites. Les coûts seraient nettement inférieurs si on tient compte de la liste principale avec 9 sites (§ 4.2.3).

Tableau 21 : Evaluation du coût total du réseau de suivi des cyanobactéries selon les scénarii 1 ou 2a ou 2b.

Synthèse : Schéma de fonctionnement du réseau de suivi environnemental proposé

Le schéma de la *figure 31* synthétise les relations entre les différents intervenants du réseau de suivi, ainsi que les rôles de chacun. Toutes les interactions entre les différents acteurs ne sont pas représentées pour simplifier le schéma, mais il est évident que l'animateur est l'intermédiaire entre tous les acteurs du réseau.

Figure 31 : Schéma de fonctionnement du réseau environnemental envisageable à l'échelle du département

(ci-contre)

Les acteurs entourés en rose sont les membres composants le comité de suivi. Les autres acteurs du réseau sont entourés en noir.

En vert, sont encadrés certains moyens mis en place dans le cadre du réseau de suivi.

Les traits bleus représentent les missions confiées à l'animateur du réseau.

Les flèches (↙ →) désignent le sens dans lequel les données collectées circulent.

Les flèches (→) représentent le sens de communication des résultats

Organisation / Animation du réseau

Maître d'ouvrage: Partenariat conventionné entre le CG 56, la DDASS 56 et un partenaire scientifique

Charte

Adhésion de tous les acteurs investis dans le réseau

Animateur du réseau

Collecte des données

- Animation des réunions de suivi

Prestataire de services

- Conception de la BDD

Gestion des données

Base de données

- Gestion de la BDD (Saisie des données, mise à jour, traitement...)

Valorisation des données

- Communication de l'information aux décideurs et aux acteurs locaux
- Réalisation des supports de communication
- Réalisation des synthèses départementales et par site

Acteurs locaux

- Observations sur le terrain (couleur eau, météo, transparence...)

Résultats

Technicien de laboratoire LDA ou CGI

- Mesures sur le terrain (phycocyanine + observations terrain)
- Analyses au laboratoire

Résultats

CG 56 Collectivités

Propositions d'études pour des actions à moyen terme

DDASS 56

Recommandations des actions à mener à court terme.

Laboratoires universitaires

Compréhension du phénomène

Validation des informations communiquées et des supports

Comité de suivi

Résultats

Rapport de synthèse
Lettre d'informations

Décideurs

Affichage résultats/
Plaquette d'informations

Grand public

Conclusion

La mise en place d'un réseau de suivi environnemental des cyanobactéries à l'échelle du Morbihan, en complément du suivi sanitaire déjà en place, semble répondre aux attentes et aux besoins des acteurs sur les sites. Ce réseau est indispensable pour considérer l'ensemble des plans d'eau à enjeux : activités nautiques, pêche, AEP, tourisme, baignade non autorisée... Les propriétaires sont, en effet, responsables des risques encourus sur leurs plans d'eau. Ce réseau permet donc une prise de conscience du phénomène de proliférations, de leurs impacts sanitaires et de la problématique de l'eutrophisation.

L'expérimentation sur les 3 sites tests a permis de valider plusieurs hypothèses pour la réalisation du réseau, de la collecte à la communication des résultats. Mais l'extension de cette procédure à l'ensemble des sites à enjeux sélectionnés au début de l'étude risque de compliquer l'organisation. En effet, les plans d'eau sont dispersés sur la totalité du département, le suivi de 25 sites induit un nombre important d'acteurs locaux à intégrer et les résultats entre les sites peuvent être très hétérogènes, selon leur sensibilité aux proliférations de cyanobactéries, leurs morphologies ou les pressions potentielles sur leur bassin versant. Une sélection plus fine des sites à suivre est donc envisagée, afin d'obtenir un réseau de suivi « à deux vitesses » plus efficace. Les sites les plus à risques suivraient le protocole déjà testé et pour les autres, le protocole serait allégé en ne réalisant pas d'analyses en laboratoire.

Ensuite, cette expérimentation souligne la difficulté à estimer précisément le coût financier du réseau. Par exemple, le coût pour la collecte des données dépend de l'évolution des proliférations de cyanobactéries pour chaque site (coût des analyses). Néanmoins, une grande part du coût financier est liée aux moyens humains pour l'animation, la réalisation des mesures ou la gestion de la base de données.

La maîtrise d'ouvrage serait assurée dans le cadre d'une convention associant le CG, la DDASS et un partenaire scientifique. La mise en place d'un comité de suivi permettrait de gérer, de considérer l'ensemble des acteurs investis et de se concerter au mieux sur chaque étape : la collecte, la gestion et la valorisation des résultats. La création d'un poste d'animateur semble également indispensable au fonctionnement d'un réseau départemental.

De plus, cette étude de faisabilité n'aborde pas spécifiquement les démarches à adopter à moyen et long termes pour contrôler le phénomène de proliférations à partir des résultats de chaque campagne de suivi (diagnostic de bassin versant, identification des sources de phosphore...). Mais en identifiant les sites posant le plus de problèmes par rapport aux proliférations de cyanobactéries, des démarches spécifiques pourraient ultérieurement se mettre en place. Une proposition des études complémentaires pertinentes à réaliser, selon les paramètres relevés sur le terrain (pression agricole, pression urbaine, envasement...), pour chaque site et leurs coûts pourra être chiffrée. Des enquêtes de santé pourraient être également effectuées, sous autorité de la DDASS, afin de recueillir des témoignages sur les effets sanitaires des proliférations de cyanobactéries.

Enfin, ce réseau de suivi des cyanobactéries doit être intégré dans le cadre général de la surveillance de la qualité de l'eau afin d'étoffer le peu d'informations disponibles sur l'eutrophisation ou sur les plans d'eau à l'échelle du Morbihan. L'observatoire de l'eau du Morbihan pourrait donc intégrer le paramètre des cyanobactéries, comme indicateur de la qualité de l'eau, en plus des autres déjà étudiés (qualité microbiologique, teneur en phosphore ou nitrates des eaux superficielles...).

Bibliographie

ANONYME, 2005a, Le Phosphore, un polluant d'avenir, in Eaux et rivières de Bretagne n°132, 4 p.

ANONYME, 2005b, Les cyanobactéries en eau douce, suivi sanitaire en Bretagne Année 2004, DDASS et DRASS Bretagne, 27 p.

ANONYME, 2006a, Les cyanobactéries en eau douce, suivi sanitaire en Bretagne Année 2005, DDASS et DRASS Bretagne, 13 p.

ANONYME, 2006b, Rapport 2006 sur la prolifération d'algues dans le lac au Duc, Communauté de Communes de Ploërmel, SIAEP de Ploërmel, 17 p.

ANONYME, 2007, Les cyanobactéries en eau douce, suivi sanitaire en Bretagne Année 2006, DDASS et DRASS Bretagne, 13 p.

BERTRAND E., 2005, Proliférations de cyanobactéries dans les plans d'eau douce à usage récréatif dans le Morbihan : état de la situation dans le département, caractérisation du phénomène sur l'étang du Moulin neuf et recommandations de surveillance et de gestion, Mémoire de fin d'études d'ingénieur du génie sanitaire de l'ENSP Rennes, ODEM, Univ. Rennes 1, 79 p.

BERTRAND P., LALY C., SOULARD B., 2005, Groupe de travail Phosphore, synthèse des réflexions, DDAF Morbihan, 9 p.

BLAIS S., 2006, Guide d'identification des fleurs d'eau de cyanobactéries, imprimé à partir du site www.mddep.gouv.qc.ca consulté le 20/04/07

BRIENT L., LENGRONNE M., 2006, Note de synthèse : le phytoplancton de l'étang de la Forêt à Brandivy, ECOBIO Univ. Rennes 1, 12 p.

BRIENT L., VEZIE G. & BERTRU G., 2001, Evaluation des efflorescences à cyanobactéries dans les cours d'eau et plans d'eau bretons, DIREN Bretagne, ECOBIO Univ. Rennes 1, 80 p.

BRIENT L., LEGEAS M., LEITAO P. & PEIGNER P., 2004, Etude interrégionale grand ouest sur les cyanobactéries en eau douce: caractérisation des sites à usage d'eau potable et de loisirs vis-à-vis de la prolifération des cyanobactéries, examen des causes de développement des algues et proposition d'un suivi sanitaire, DRASS Bretagne, Pays de la Loire et Basse Normandie, 82 p.

FAUCHON N., BERNARD C., BRIAND J-F., ROUQUET V., GATEL D., CAVARD J., 2001, Présence de toxines algales dans les rivières de la région parisienne : Les cyanobactéries, dans TSM, Techniques sciences méthodes, n°9, p60-65.

FROMANGE C., NOVINCE E., 2006, L'eutrophisation, les origines, consulté sur le site www.eaubretagne.fr, le 25/10/07.

GRENEUX L., JOUET E., LE GUIQUET G., BLANPAIN M., 2007, Diagnostic du bassin versant de l'étang du Moulin Neuf, Identification et évaluation des facteurs de risque

d'eutrophisation en amont du plan d'eau, Grand Bassin de l'Oust, SIVOM de Questembert, 96 p.

HUBAUD M-O., PONT L., Novembre 2000, Les étangs du Morbihan, ODEM infos N°14, pp 1-2.

LANCE E., 2005, Etude de la consommation d'une cyanobactérie toxique *Planktothrix agardhii*, par le gastéropode pulmoné *Lymnaea stagnalis* : accumulation de toxines, impact sur les traits de vie et la locomotion, rapport de master UMR Ecobio, Univ. Rennes 1, 29 p.

LEVI Y., HARVEY M., CERVANTES P., 2006, Risques sanitaires liés à la présence de cyanobactéries dans l'eau, rapport commun de l'Afssa et de l'Afsset, 227 p et avis de l'Afsset, 2 p.

PITOIS F. 2001, Etude de l'eutrophisation dans quatre retenues AEP du Morbihan, DDAF Morbihan, Conseil Général du Morbihan, 37 p.

PITOIS F., 2004, Qualité des eaux brutes des retenues AEP de Belle-Ile en Mer, Conseil Général du Morbihan, 58 p.

PITOIS F., MOREAU S., 2006, Diagnostic fonctionnel de l'étang du Dordu, Langoëlan, Syndicat du bassin du Scorff, 69 p.

REGIN S., 2005, Caractérisation de l'eutrophisation et de ses impacts dans les plans d'eau douce du Morbihan, DDAF Morbihan, Rapport de maîtrise de Sciences et Techniques, Sciences de l'environnement, Université de Rouen, 58 p.

SOULARD B., 2005, Application de Directive cadre européenne sur l'eau dans le Morbihan, DDAF Morbihan, Agence de l'eau Loire Bretagne, 7 p.

Sites Internet

Réglementations concernant les eaux de baignades et les eaux de consommation :
<http://eur-lex.europa.eu/> consulté le 04/04/07.

Site de la Préfecture du Morbihan (informations sur les structures existantes telles STEP, stations de suivi de la qualité de l'eau... dans le Morbihan) :
www.pref56.gouv.fr consulté le 04/04/07.

Articles sur le phosphore en Bretagne :
www.eaubretagne.fr/rubrique/le.phosphore consulté le 02/07/07.

Expérience de suivi des proliférations des cyanobactéries sur l'Erdre :
<http://perso.orange.fr/eden-sur-erdre/index.htm> consulté le 16/07/07.

Site de l'Institution Interdépartementale du bassin de la Sèvre Nantaise :
<http://www.sevre-nantaise.com>) consulté le 16/07/07.

Site du CBVBM (Corporation Bassin Versant Baie Missisquoi, Québec) sur les actions mises en place face aux proliférations de cyanobactéries:

http://www.lcbp.org/PDFs/CBVBM_Bilan%202000-2005.pdf, consulté le 16/07/07.

Site du MDDEP (Ministère du Développement durable, de l'environnement et des Parcs, Québec) sur les réseaux de suivi des cyanobactéries mis en place :

<http://www.mddep.gouv.qc.ca>, consulté le 16/07/07.

Site du Syndicat Mixte de la Vassivière :

www.symiva.fr consulté le 16/07/07.

Article sur les études réalisées dans le Tarn :

<http://www.vet-lyon.fr/ensv/PDF/Toxicologie%20Env%20Point%20vet.pdf> consulté le 29/10/07.