



Centre d'Etude et de Valorisation des  
Algues  
Presqu'île de Pen Lan  
BP 3 / 22610 PLEUBIAN  
02 96 22 93 50  
02 96 22 84 38  
e-mail : [algue@ceva.fr](mailto:algue@ceva.fr)

Programme d'intervention du CEVA  
en faveur de l'action régionale et interdépartementale  
pour la maîtrise des phénomènes de marées vertes

CIMAV 2016

RAPPORT SUR LE PROJET 1

Actions d'expertise scientifique, d'information et de conseil  
technologique en faveur des programmes de maîtrise des  
marées vertes de Bretagne.



Photo CEVA, baie de Douarnenez, 22 août 2016

ANNEE 2016



**Programme d'intervention du CEVA  
en faveur de l'action régionale et interdépartementale  
pour la maîtrise des phénomènes de marées vertes  
*mars 2016 - mars 2017***

Dans le cadre du GP5, le CEVA conduit depuis 2008, en maîtrise d'ouvrage, un programme en faveur de la reconquête de la qualité des masses d'eaux littorales dégradées par les phénomènes de marées vertes. La poursuite de ce programme est proposée pour 2016 sur une période de douze mois (mars à mars).

L'action de reconquête de la qualité de l'Eau est aujourd'hui particulièrement engagée en application de la Directive Cadre sur l'Eau. Elle implique les Collectivités Bretonnes, l'Agence de l'Eau et l'Etat, structures qui sont sollicitées comme partenaires financiers de ce programme. Afin de limiter les moyens financiers à mobiliser, certaines actions ont été suspendues en 2016, notamment dans le programme de suivi des proliférations. Les trois projets de l'année 2016 du programme proposé par la cellule d'intervention sur les marées vertes (Cimav) du CEVA, sont listés ci-dessous.

**Projet 1 :**

Actions d'expertise scientifique, d'information et de conseil technologique en faveur des programmes de maîtrise des marées vertes de Bretagne.

**Projet 2 :**

Amélioration de la modélisation écologique des proliférations macroalgales

Ce projet n'est pas développé cette année, la modélisation du Golfe du Morbihan étant prévue par ailleurs.

**Projet 3 :**

Compléments d'études sur les processus biologiques, hydrologiques et sédimentologiques impliqués dans les proliférations macroalgales

**Projet 4 :**

Suivi des proliférations d'algues vertes sur le littoral breton en complément du contrôle de surveillance DCE.



*Projet 1 :*  
**Actions d'expertise scientifique, d'information et de conseil  
technologique en faveur des programmes de maîtrise des marées  
vertes de Bretagne**

**SOMMAIRE**

<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIFS :</b> .....	<b>5</b>
<b>2. CONTENU DE LA MISSION ET REALISATIONS</b> .....	<b>6</b>
2.1. Information générale sur les marées vertes, leurs causes et les moyens de lutte.....	6
2.2. Appui aux collectivités : marées vertes et moyens de lutte .....	6
2.3. Participation aux différents cycles de réunions régionales sur l'eau / autres réunions.....	7
2.4. Production de documents de synthèse .....	7
2.5. Analyse des données de suivis de la marée verte et des paramètres climatiques correspondant.....	7
2.6. Veille thématique internationale .....	14
2.6.1. Contexte et objectif.....	14
2.6.2. Matériel et Méthodes .....	14
2.6.3. Résultat de l'analyse bibliographique .....	15
2.6.3.1. <i>Descriptions locales du phénomène de marées vertes</i> .....	15
2.6.3.2. <i>Descriptions locales d'autres types de proliférations macroalgales</i> .....	18
2.6.3.3. <i>Éléments contribuant au développement des marées vertes</i> .....	19
2.6.3.4. <i>Contrôle nutritionnel et autres facteurs limitant les marées vertes</i> .....	23
2.6.3.5. <i>Effets généraux de l'eutrophisation côtière sur les équilibres biologiques</i> .....	24
2.6.3.6. <i>Origine des sels nutritifs et leur gestion</i> .....	25
2.6.3.7. <i>Gestion et valorisation des algues vertes</i> .....	25
<b>3. CONCLUSION - PERSPECTIVES</b> .....	<b>28</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>29</b>



## 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS :

Depuis 2002, début du programme Prolittoral, le CEVA s'est vu confier par les collectivités bretonnes et l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, une mission d'animation / coordination du programme Prolittoral. Cette mission intégrait les grandes lignes suivantes :

- information sur le phénomène des marées vertes et les moyens de lutte préventifs et curatifs,
- coordination du réseau des porteurs de programme de bassin versant Prolittoral,
- animation du « club des financeurs » de Prolittoral et notamment du comité de pilotage de ce programme,
- veille thématique internationale sur les marées vertes,
- enquête auprès des communes bretonnes sur les échouages et ramassages d'algues vertes.

Le nouveau contexte créé par la DCE et la réorganisation des politiques de l'eau au niveau régional (« grand projet 5 » du CPER) a conduit en 2008 à modifier la forme et réduire le périmètre de cette mission (notamment au niveau de l'animation des programmes BV).

Le phénomène de marée verte demeurant une préoccupation régionale majeure, une action adaptée d'expertise scientifique, d'information et de conseil technologique restait nécessaire pour accompagner et soutenir les projets de reconquêtes de la qualité des masses d'eau côtières touchées par des phénomènes de marées vertes. Aussi, un nouveau projet « Actions d'expertise scientifique, d'information et de conseil technologique en faveur des programmes de maîtrise des marées vertes de Bretagne » a été mis en œuvre en 2008.

La situation créée en juillet 2009 par l'accident survenu à Saint Michel en Grève, avec sa très forte médiatisation et la mise en place d'une commission d'enquête interministérielle en vue d'élaborer un « plan d'urgence algues vertes », a imposé une réorientation du projet 2009 en cours d'année pour mieux se mettre à la disposition des différentes commissions mises en place, pour répondre aux sollicitations des médias et des collectivités, plus particulièrement sur le point du ramassage accru des algues et leur traitement. Ce surcroît de demande, associé au fait que le nombre de jours programmé pour cette mission de soutien avait été diminué sensiblement en 2009, a conduit à solliciter la capacité d'intervention du Ceva au-delà des moyens prévus et mis en évidence un certain nombre de lacunes notamment en terme de mise à disposition des informations accumulées au travers de nouveaux documents ou publications.

Aussi, les programmes 2010 à 2013, comportaient une prévision globale d'intervention revue à la hausse avec notamment un renforcement de la communication scientifique à destination principalement des acteurs impliqués dans le Plan Gouvernemental Algues Vertes.

La réalisation du programme 2013, en dessous du prévisionnel, en partie du fait du manque de disponibilité du CEVA mais aussi de demandes plus modérées, a incité à la définition de programmes pour 2014 puis 2015, dans la lignée des années précédentes mais revus à la baisse par rapport aux années antérieures.

Pour l'année 2016, les demandes étaient estimées comme pouvant être plus soutenues du fait de la mise en œuvre du nouveau SDAGE 2016-2021 et de l'année 2016 considérée comme transitoire pour le plan gouvernemental (phase prévue de redéfinition des objectifs par baie). Cependant, étant données les difficultés potentielles, y compris pour le CEVA, de financement de ce programme, il a été proposé de maintenir les moyens au même niveau que les deux années précédentes, années pour lesquelles ces moyens avaient été revus à la baisse.

## 2. CONTENU DE LA MISSION ET REALISATIONS

La mission du CEVA dans ce programme CIMAV P1 suppose une grande disponibilité pour répondre, le plus souvent par mel ou téléphone aux interrogations, souvent « urgentes », des différents acteurs impliqués dans la lutte contre les proliférations et plus particulièrement des collectivités territoriales (communes, syndicat intercommunaux ou communautés de communes, SAGEs, Conseils départementaux, Conseil régional, services de l'Etat,...). Cette action passe cependant aussi par des moments plus formels, sous forme d'interventions dans des réunions, ou de fournitures d'éléments de diagnostic local, de bulletins sur l'évolution des marées vertes, de synthèse sur les flux et la mise en relation de ceux-ci avec la marée verte observée. L'annexe 1 reprend les principales interventions « formelles » du CEVA. Sur la période mars 2016 à mars 2017, ces interventions répertoriées représentent plus de 100 interventions.

### 2.1. Information générale sur les marées vertes, leurs causes et les moyens de lutte

Cette action se poursuit avec des demandes qui restent soutenues, de la part des médias mais aussi des étudiants (nombreux sujet sur les algues vertes, les causes, moyens de lutte, voies de valorisation,...). L'information/formation des années précédentes permet probablement à la longue de limiter quelque peu les demandes. Cependant, les demandes sur le phénomène de prolifération, les moyens de lutte sont restés soutenues, du fait des réflexions en cours sur le PLAV 1 (bilan) et les perspectives de reconduction. L'installation de la prolifération saisonnière et d'éventuelles anomalies (retard, précocité) impliquent régulièrement des demandes soutenues (effet « en chaîne » de besoins d'informations actualisées, notamment par les médias). A noter qu'un grand nombre de demandes plus ponctuelles font l'objet d'échanges (mel, téléphone,...) qui ne peuvent être reportés exhaustivement dans la liste proposée en annexe. Cette action d'information objective sur le phénomène, son évolution et ses causes/moyens de lutte semble encore primordiale, surtout dans la situation perturbée et très médiatisée depuis 2009, dans la mesure où la mise en œuvre d'actions n'est possible que si les acteurs mais aussi le public ont connaissance de la situation réelle et des leviers d'actions à disposition (préventif N ou P, niveau à atteindre et actions pertinentes, curatif, ...). Les anomalies dans les proliférations, comme la prolifération très retardée sur certains secteurs en 2014, très précoce en 2017 ou massive sur d'autres (Bréhec ou Trestel) doit donc pouvoir être expliquées et mises en ligne avec les mécanismes de ces proliférations.

### 2.2. Appui aux collectivités : marées vertes et moyens de lutte

Afin de fournir, aux structures en charge de la problématique algues vertes, le CEVA, après chacun des 7 survols annuels (DCE surveillance et CIMAV P4) a réalisé une rapide synthèse des observations issues des survols. Cette synthèse s'appuie sur une première analyse visuelle des clichés (comparaison avec les 10 années antérieures) afin d'estimer, avant la phase de digitalisation des dépôts un niveau approximatif des couvertures en ulves. Ce travail est lourd en temps mais permet une mise à disposition rapide des informations mensuelles, l'information « stabilisée », plusieurs semaines ou mois plus tard étant jugée moins utile pour la gestion à chaud par les collectivités. Ces bulletins d'information sont destinés aux « initiés », de par leur rédaction rapide. Ces 7 bulletins mensuels (+ 1 bulletin de consolidation le 24 novembre 2016) ont été complétés par un bulletin de synthèse annuelle + perspectives de précocité de la saison suivante (21 février + mise à jour le 4 avril).

Outre l'édition de bulletins d'information sur l'évolution perçue de la prolifération, l'action d'appui aux collectivités a représenté, environ 35 interventions en 2016. Ce volet est d'autant plus lourd en temps, que nombre d'interventions nécessitent souvent un temps de préparation long (diagnostic local de la situation des territoires / problématiques de marées vertes) avec pour certaines même des visites de terrain pour analyser la situation locale, participation à des restitutions sous forme de note de synthèse ou de présentation orale. Les demandes proviennent principalement des structures de Sage (Baie de Saint Briec, Golfe du Morbihan-Ria d'Etel, Baie de Lannion, Arguenon-Fresnaye, Haut Léon, Bas Léon, baie de Douarnenez, Rance Fémur, ...), des comités thématiques algues vertes créés dans le cadre du plan gouvernemental, du groupe permanent de scientifique en appui au PLAV et, dans une moindre mesure, des structures de bassin versant et des

collectivités bretonnes (de communes éventuellement, de communautés de communes, départements, région). L'annexe 1 présente le détail des interventions répertoriées.

Ces actions d'appui aux collectivités sont conformes au programme initial même si, dans ce type d'actions, avec plus de moyens humains, certaines réponses auraient pu être étoffées.

### **2.3.Participation aux différents cycles de réunions régionales sur l'eau / autres réunions**

Cette « rubrique » représente en 2016 plus de 35 réunions. Les principales interventions sont reportées en annexe 1. Les demandes d'universitaires et de divers organismes qui utilisent les suivis des algues vertes comme indicateur environnemental (DREAL / Cahier de l'environnement, PRSE, Bretagne Environnement, Atlas de l'environnement du Finistère, Ifremer/DCSMM et OSPAR, MEEM/impact des marées vertes sur l'économie, Baie de Saint Briec et relation Bernaches/AV, soutenances de thèse sur AV et impact sur le milieu, fournitures sédimentaires en nutriments pour les ulves ...) ont constitué une partie importante des interventions. Cette action a été, en 2016, particulièrement lourde notamment du fait pour certaines demandes de besoin de traitements de données et explications de la signification de celles-ci gourmandes en temps. A noter que les moyens humains limités pour répondre aux demandes ont parfois impliqué des réponses plus succinctes ou différées dans le temps. On peut cependant estimer que l'absence du CEVA aux diverses rencontres auxquelles il s'est excusé n'a pas entravé l'action de lutte contre les marées vertes.

### **2.4.Production de documents de synthèse**

En plus des interventions « orales » pour les différentes réunions reportées en annexe 1, le CEVA a été sollicité pour la rédaction de note de synthèse ou d'articles. La demande la plus lourde a été la participation à l'expertise Collective sur l'eutrophisation (Ceva intégré fin 2016 sur la partie macroalgues). Les demandes du MEEM sur la fourniture de données AV (étude impacts économiques) ont été particulièrement lourdes avec de très nombreux aller-retour au sujet des données fournies et de leur exploitation potentiellement biaisée. D'autres notes pour la MIRE (objectifs à atteindre d'après les modélisations, les suivis, l'historique d'apparition des algues), les Sage (Jaudy et développement perçus et mesurés d'AV à l'estuaire, Bas Léon : mise à jour du diagnostic territorial, ...) ont également été produites en 2016 (cf. annexe 1 liste interventions).

### **2.5.Analyse des données de suivis de la marée verte et des paramètres climatiques correspondant**

Afin de pouvoir alimenter les parties décrites ci-dessus de soutien aux collectivités dans la lutte contre les marées vertes, le CEVA se doit de collecter puis analyser les paramètres qui interviennent dans la marée verte, en particulier les données de flux d'azote, mais aussi les autres caractéristiques du milieu (houle, température de l'eau, notamment pour décrire la dispersion hivernale mais aussi éventuellement printanière et estivale). Jusqu'en 2009, seuls les sites du précédent programme de lutte « Prolittoral » faisaient l'objet de suivi de leur qualité de l'eau et flux au littoral (fournitures par les animateurs des bassins versant de ce programme). En 2010, en plus de ces bassins versants a été ajoutée la compilation des données des 3 cours d'eau (Gouet Urne Gouessant : données de qualité de l'eau par le suivi DDTM22/CQEL aux exutoires) se jetant en fond de baie de Saint Briec, avec les mêmes méthodes (calcul des débits journaliers, interpolation des concentrations journalières puis calcul des flux journaliers). En 2011, en plus des cours d'eau précédents, ont été ajoutés l'Horn et le Guillec (données de qualité de l'eau de l'Horn et du Guillec fournies par le Syndicat Mixte de l'Horn). Les débits du Frémur ont été recalculés pour l'ensemble de la période 1992-2013 (d'après les débits nouvellement acquis station limnigraphique de la DREAL opérationnelle depuis mars 2010 ce qui permet d'avoir une chronique de près de 2 ans qui peut être corrélée aux valeurs du Frémur de Pleslin). En mars 2015, les débits de l'Ic ont été recalculés en exploitant les mesures de la nouvelle station limnigraphique de l'Ic (validée par la DREAL) et les corrélations entre ces débits et les débits du Leff à Boquého et Quemper



Guézennec (c'est ce dernier cours d'eau qui permet les meilleures extrapolations de débit au moins pour ce qui est du débit annuel, les débits d'été étant probablement surestimés). Pour la baie de Douarnenez, depuis nov 2013 sont disponibles de nouvelles valeurs de débit issues des stations de jaugeage installées sur le Kerharo et le Ris. En 2016, ces valeurs locales mesurées ont été intégrées pour décrire les flux arrivant en baie et les années 2014-2016 pour lesquelles nous disposons d'acquisitions locales ont permis de revenir sur les évaluations des années antérieure (base Steir à Guengat). Il est cependant possible que les courbes de tarage évoluent encore (manque de valeurs dans les plus forts débits).

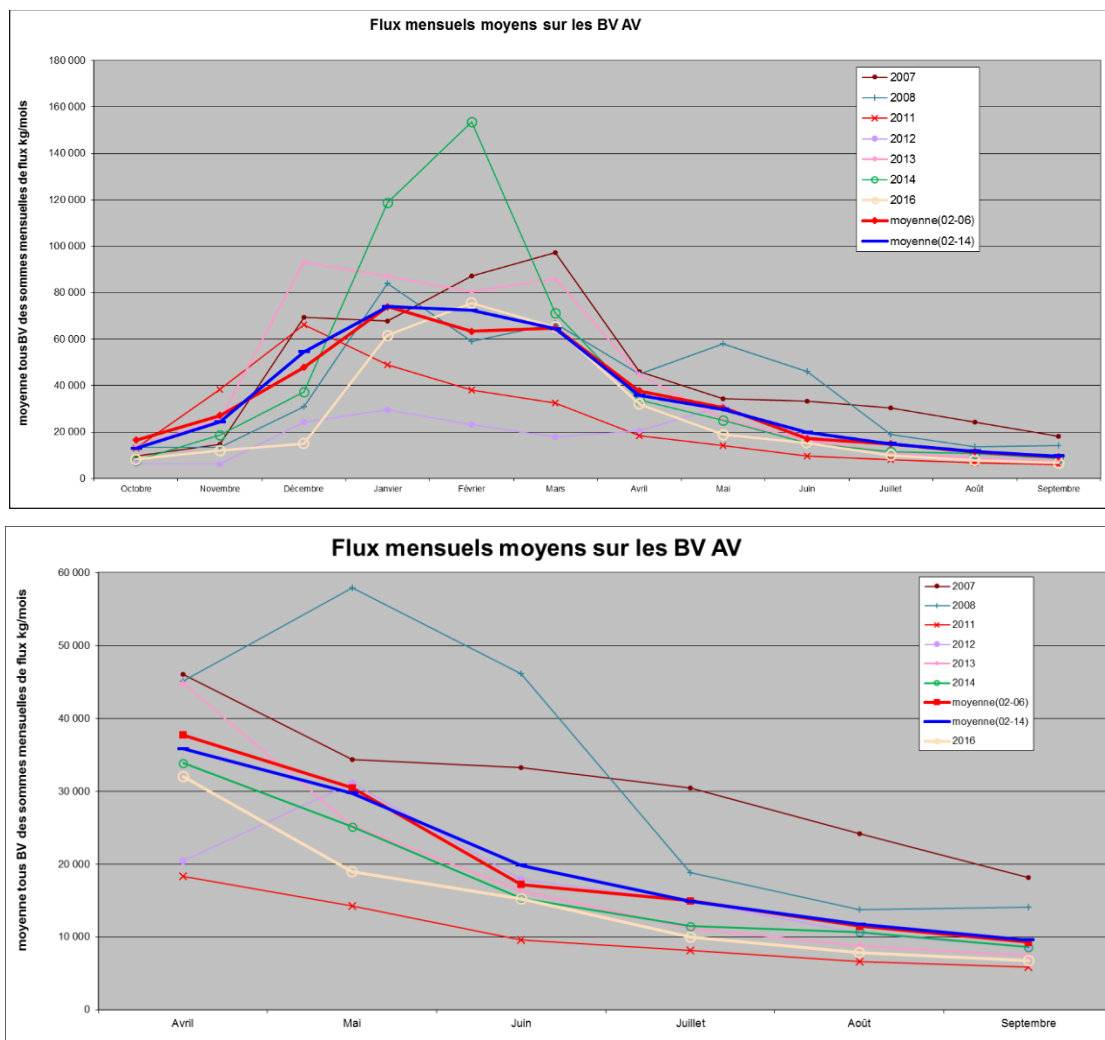


Figure 1 (a) et (b) : Flux moyens mensuels à l'exutoire des bassins versants concernés par les principales proliférations (moyenne des flux mensuels des 7 cours d'eau alimentant les sites du programme « Prolittoral 2002-2006 » + les trois cours d'eau du fond de baie de Saint Briec : Gouessant Urne Gouet + l'Horn + le Guillec). Seules certaines années ont été sélectionnées sur ces graphes pour alléger la représentation, ainsi que les moyennes pluriannuelles 2002-2015 et 2002-2006 (série d'année plutôt sèches). La première figure présente les flux sur l'ensemble de l'année, inférieurs notamment en hiver et au printemps au niveau moyen pluriannuel. La deuxième figure présente les flux sur la période la plus sensible : les niveaux de flux de 2016 sont sensiblement inférieurs au flux moyen pluriannuel, mais cependant significativement supérieurs à l'année 2011, référence de flux bas. A noter le niveau estimé en juin relativement proche de la moyenne pluriannuelle et les niveaux bas en mai et fin d'été.

\* pour les années 2002 et 2003, les flux ont été calculés sans intégrer les données du Quillimadec (débits manquants).

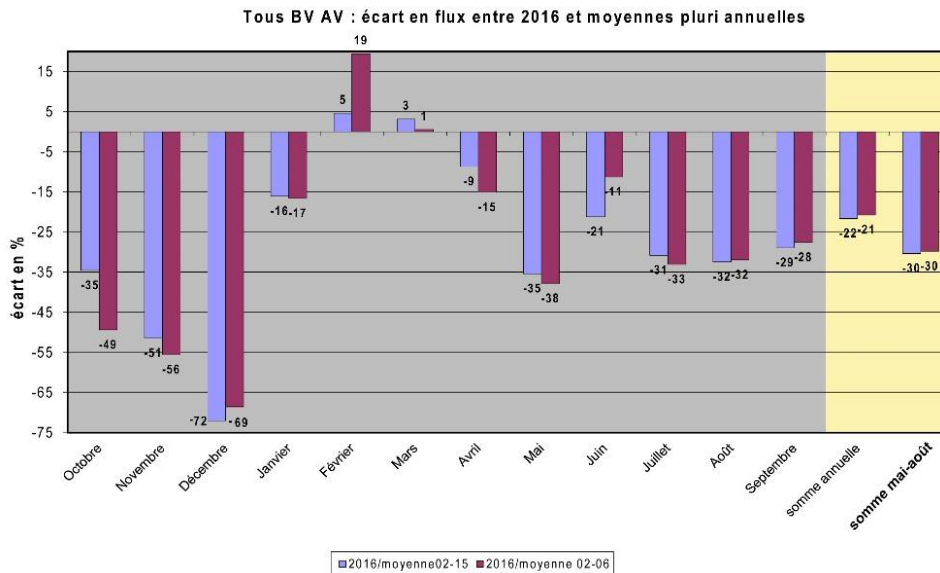


Figure 2 : écart de flux mensuel, annuel et saisonnier aux exutoires des BV AV par rapport aux années antérieures (moyenne des sommes mensuelles pour tous les BV). Sur l'ensemble de la période annuelle le flux est de 20 % inférieur à la moyenne des années antérieures (mais certains mois sont fortement déficitaires, notamment fin 2015 alors que d'autres sont excédentaires, février ou mars 2016); sur la période sensible « mai-août » ce déficit de flux est inférieur de 30 % au flux moyen mais seulement de 10 à 20% sur juin et autour de 30 % sur les mois de juillet, août et septembre.

\* pour les années 2002 et 2003, les flux ont été calculés sans intégrer les données du Quillimadec (débits manquants).

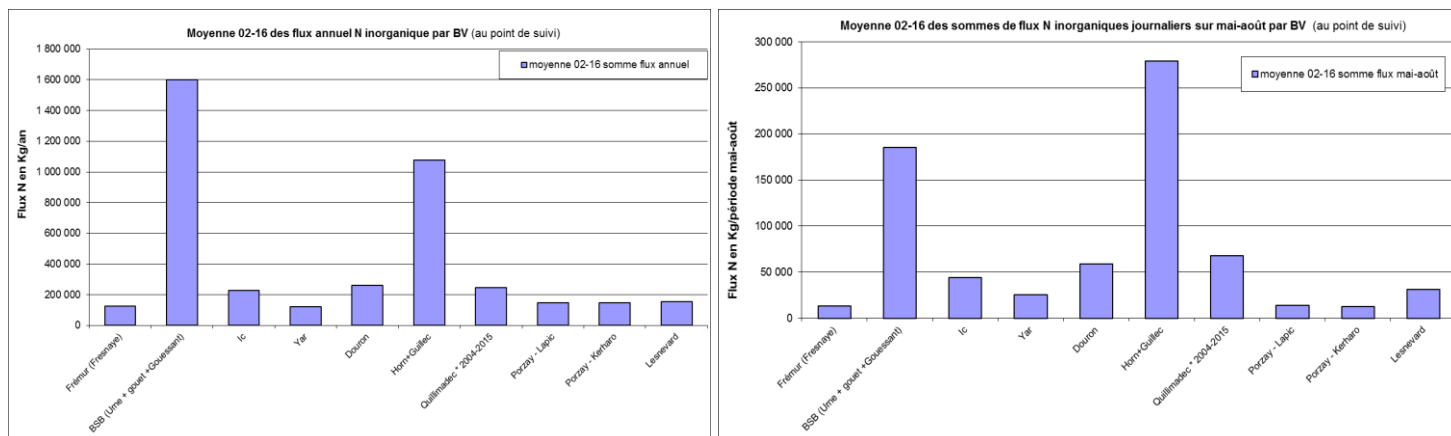


Figure 3 (a) et (b) : évaluation des flux d'azote inorganique de chaque BV estimés sur l'année en moyenne 2002-2016 (graphe de gauche) pour la partie du BV suivie (point exutoire du cours d'eau ; ce qui peut être assez différent du flux total du BV dans le cas où plusieurs cours d'eau drainent les BV mais qui permet de visualiser la part de chaque cours d'eau au flux total régional moyen sur 2002-2016 de plus de 4 000 T décrit en figures 1 et 2). Le graphe de droite présente le flux total d'azote inorganique de chaque BV dans les mêmes conditions mais sur la période mai-août uniquement (somme des apports journaliers). Cela permet de mettre en évidence la contribution forte de l'Horn+Guillec surtout si on analyse la période estivale ce qui s'explique par des étiages soutenus et des flux spécifiques annuels forts (flux par ha total de BV de 75 kg pour l'Horn/Guillec contre 18 sur la Fresnaye).

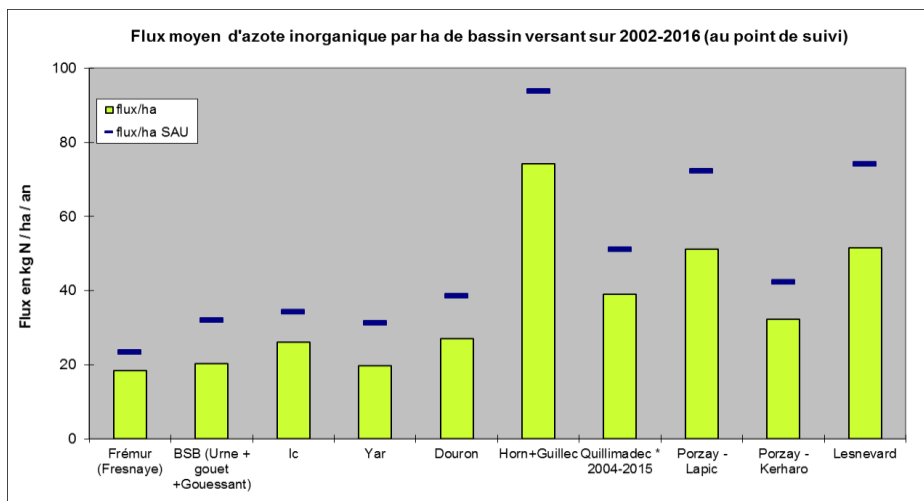


Figure 4 : flux spécifique moyen d'azote inorganique de chaque BV estimé sur l'année en moyenne 2002-2016 pour la partie du BV suivie (point exutoire du cours d'eau, idem aux figures 3 a et b). On perçoit des flux spécifiques (par ha de BV ou par ha de SAU) particulièrement importants sur l'Horn+Guillec et sur les cours d'eau de l'ouest Bretagne de manière plus générale.

L'année hydrologique 2016 présente globalement des flux annuels inférieurs aux moyennes pluriannuelles (- 20 %) avec pour autant des différences marquées suivant les périodes : déficit très prononcé au début de l'année hydrologique (jusqu'à - 70 % de flux pour décembre) des valeurs plus proches des normales voire au-dessus pour les mois de janvier à avril. **Puis un déficit de flux azoté marqué en mai, en juillet, août et septembre.** Le mois de juin dénote avec un niveau plus proche des valeurs moyennes du fait de reprises de débits importantes liées à des précipitations orageuses en particulier sur certains secteurs sensibles (car limités par l'azote ou proche des limitations) : baies de Saint Brieuc, de la Fresnaye ou de Douarnenez. On note en particulier des reprises de flux en baie de Saint Brieuc du 7 au 25 juin, période cruciale en termes de nutrition azoté pour les ulves. Les caractéristiques pluviométriques et d'éclairements fournis par Météo France sont reportées en Figure 5. On y distingue **une fin d'hiver (mars notamment) lumineuse puis un mois d'août présentant un très fort éclairage (favorable à la prolifération) tout comme l'arrière-saison exceptionnellement ensoleillé** potentiellement favorable à une reconduction à un niveau plus élevé des algues sur 2017 (octobre – décembre et encore plus janvier 2017 avec 60 à 80 % d'éclairement en plus que la moyenne pluri annuelle). A noter qu'outre ces débits inférieurs aux normales, la baisse des concentrations de nitrates sur l'ensemble des cours d'eau (et des apports par la Step de Saint Brieuc) joue un rôle important dans la diminution observée des flux en 2016 et lors des dernières années de suivi.

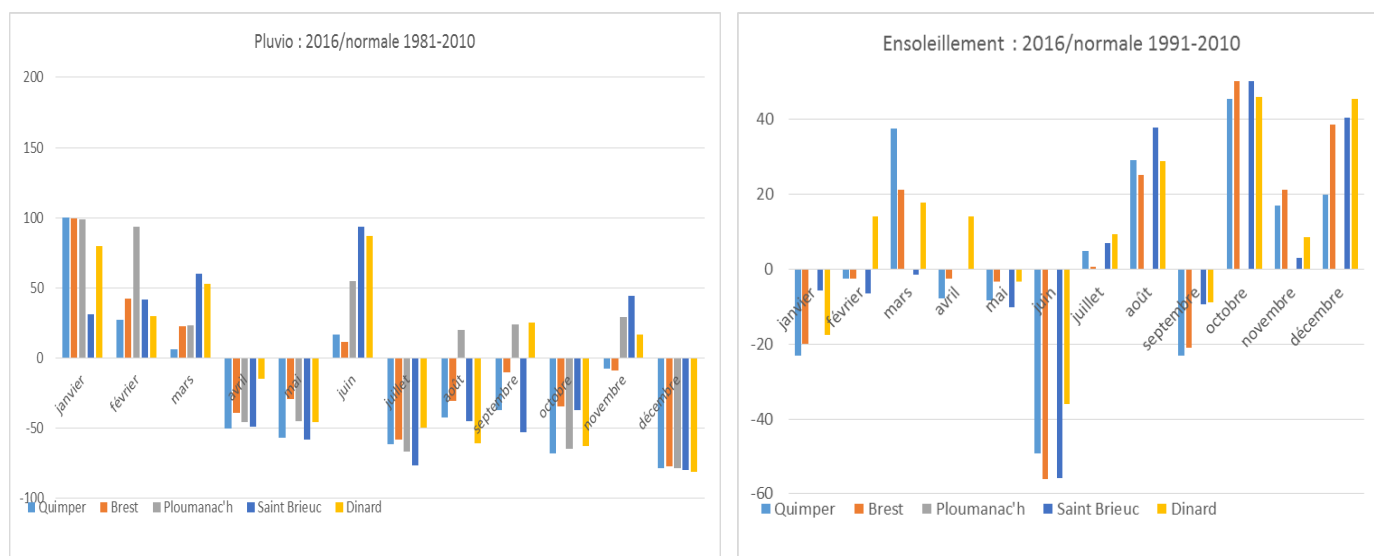
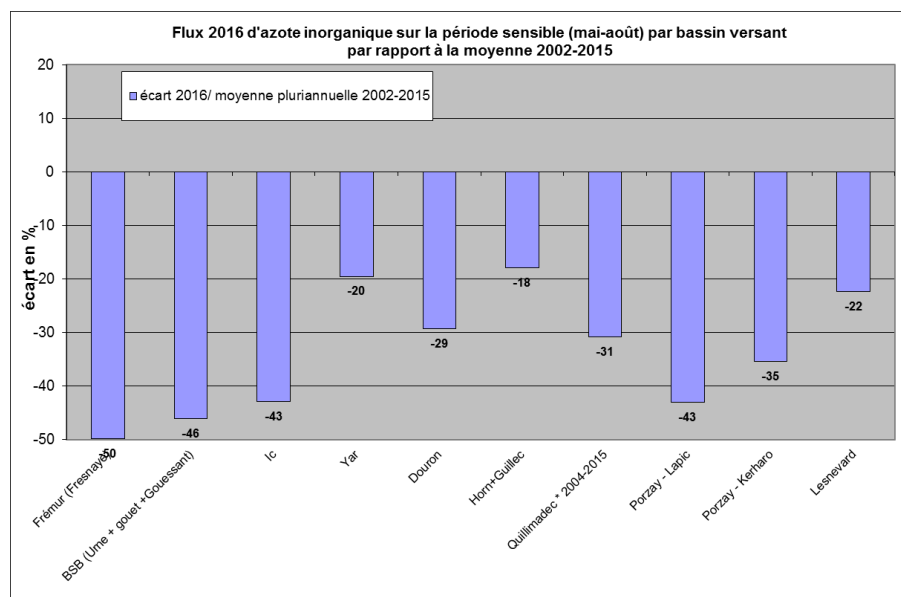


Figure 5 (a) et (b): données MétéoFrance sur les différente stations, en pluviosité (à gauche) et en ensoleillement (à droite ; pas de donnée disponible sur Ploumanac'h). On distingue bien les fortes pluviosités de janvier à mars et de juin ; et les déficits marqués d'avril, mai, juillet, août, octobre et décembre. Et les forts éclairagements de mars, août et octobre et les forts déficits en juin et septembre.

Si le flux de l'ensemble des cours d'eau analysée **est nettement inférieur à la moyenne pluriannuelle** (- 30 % par rapport à 2002-2015) **sur la période mai-août** cela résulte de **situations locales assez différentes** (Figure 6) : certains bassins versants (Frémur, baie de Saint Brieuc, Ic, Lapic) présentent des flux **nettement inférieurs** à la situation moyenne (-40 % à - 50 %) alors que sur d'autres secteurs cette diminution est plus ténue (-20 à -30 sur le Lesnevard, Yar, Douron, Quillimadec et Horn/Guillec et même seulement - 15 % sur les 4 cours d'eau du fond de baie de Douarnenez du fait d'apports sur les cours d'eau du sud de la baie qui seraient sensiblement supérieurs aux moyennes pluriannuelles). Il convient aussi de noter que la **valeur « totale » du flux mai-août peut résulter de situations plus ou moins favorables aux proliférations**. Comme relevé ci-dessus, les reprises de flux importantes de début juin à fin juin sur la baie de Saint Brieuc par exemple sont probablement nettement **plus favorables aux proliférations qu'un flux plus élevé au mois de mai** qui ensuite serait suivi de flux bas sur juin à septembre. Cette première analyse « globalisante » permet donc de relevées les grandes tendances, mais une explication plus précise de la réaction des sites aux conditions annuelles doit prendre en compte les flux sur des périodes plus fines et les associer aux autres paramètres (ensoleillement, dispersion éventuelle par des coups de vent, voire même coefficients de marées au moment des apports, .....).

Ces différences de comportement en flux des différents bassins versants sont en partie liées à des différences de pluviosité Est-ouest mais aussi à des réactions hydrologiques différentes (substrats géologiques qui commandent l'importance des soutiens d'étiage et la plus ou moins grande part d'azote restituée en période sensible) et aux baisses plus ou moins marquées des concentrations de nitrates dans les cours d'eau (et dans une moindre mesure, dans le cas de la baie de Saint Brieuc aux améliorations du traitement des eaux usées des Step).



**Figure 6 : écarts par BV entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2016 et le flux pluriannuel 2002-2015. La pluviosité différente et le contexte géologique local expliquent en majeure partie ces différences de comportement.**

Les variations interannuelles des flux mesurés dans la saison sont en grande partie liées variations des débits des cours, eux-mêmes liés aux précipitations et aux caractéristiques pédo-géologiques des bassins versants (transformation plus ou moins rapide des précipitations en débit de cours d'eau). Cependant pour certains secteurs côtiers, les niveaux de concentrations en nitrates, en forte baisse depuis plusieurs années, expliquent en partie la situation mesurée en flux. Le suivi des concentrations permet de voir la diminution plus ou moins rapide et forte des concentrations de nitrates pour les différents cours d'eau (à noter pour la baie de Saint Brieuc, outre la baisse des concentrations en nitrate pluriannuelle, le fort abattement depuis 2006 des fournitures de NH<sub>4</sub> par la Step de la ville de Saint Brieuc qui induit une diminution de près de 500 kg/jours

des flux d'azote ce qui est considérable, surtout dans le cas d'année sèche). La diminution des concentrations se poursuit sur la plupart des cours d'eau comme le montre les Figure 7 (a) et (b).

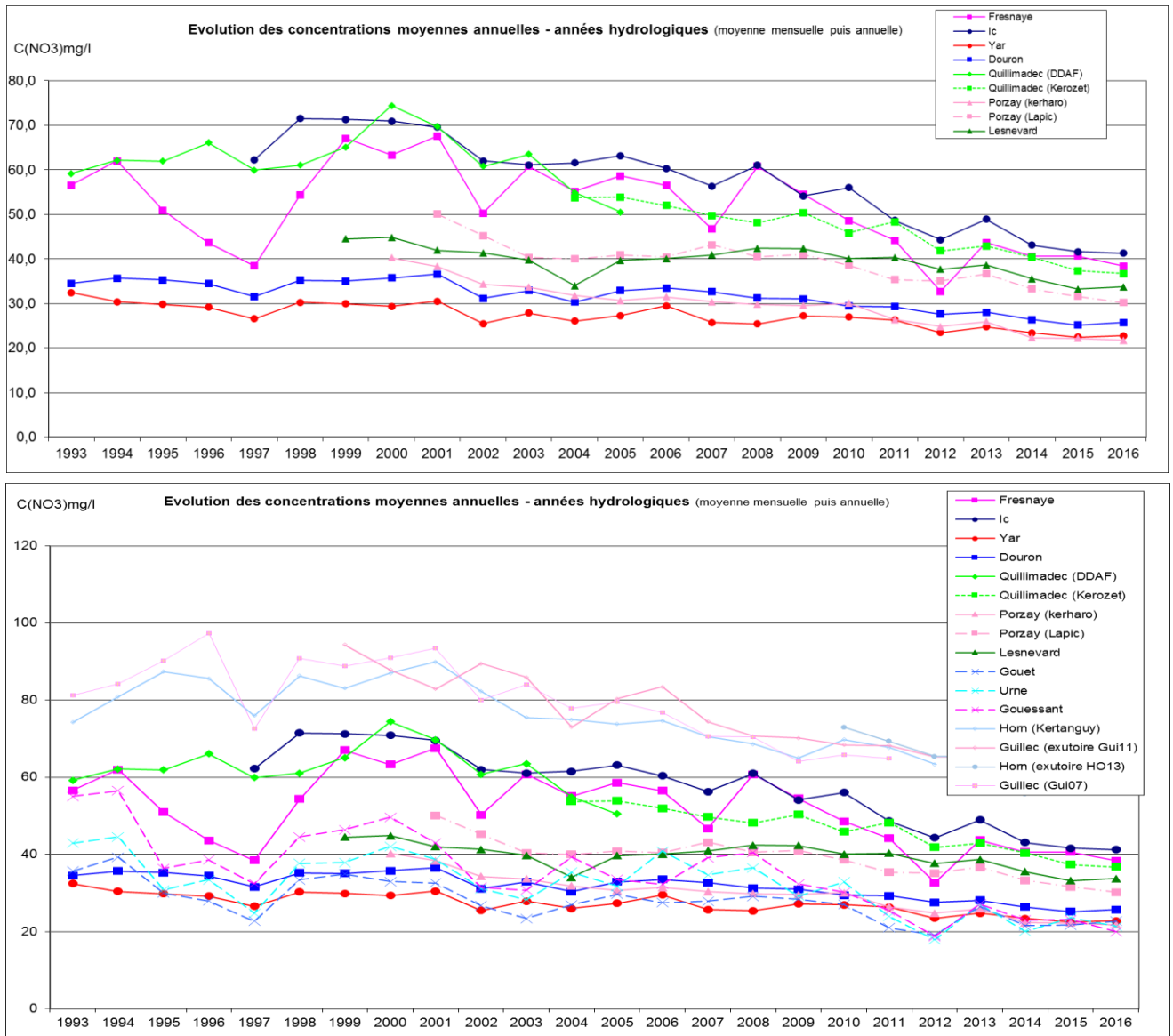


Figure 7 (a) et (b) : Evolutions des concentrations en Nitrates sur les cours d'eau suivis (moyennes mensuelles puis annuelles afin d'avoir le même poids pour chaque mois de l'année). (a) sur les cours d'eau de l'ex programme Prolittoral, (b) sur tous les cours d'eau intégrés au suivi.

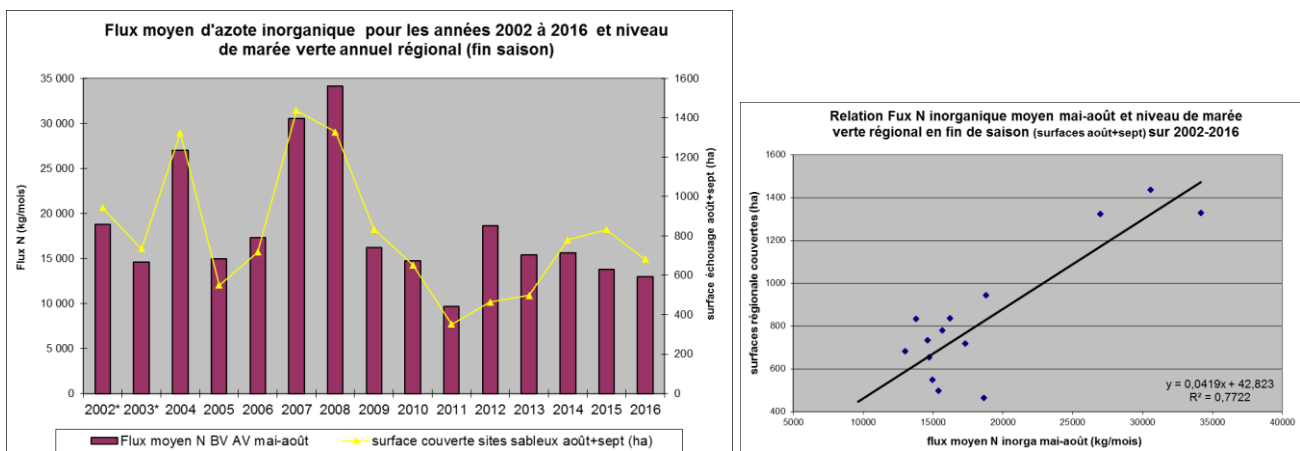


Figure 8 (a) et (b) : Flux d'azote sur la période sensible (moyenne des flux de mai à août sur les BV AV) et niveau de marée verte atteint en fin de saison (surface en août+septembre sur les plages bretonnes). Les surfaces couvertes par des algues brunes filamenteuses notamment en 2011, 2012, 2013 et 2015 en baie de Saint Brieuc, en 2016 sur la baie de Douarnenez et depuis 2006 sur l'est du département des Côtes d'Armor ne sont pas comptabilisées ici.

\* pour les années 2002 et 2003, les flux ont été calculés sans intégrer les données du Quillimadec (débits manquants).

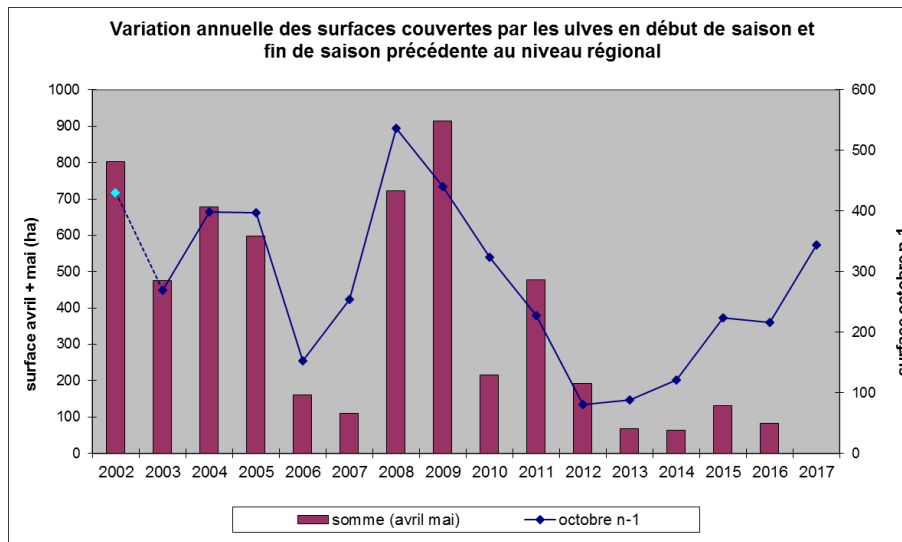


Figure 9 : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture de la fin de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015 et 2016 s'expliquent par : pour 2006, 2010 et 2013 des températures de l'eau beaucoup plus froides en hiver et en début de saison que la moyenne (environ 1 mois de retard sur les températures de l'eau sur avril-mai-juin) et pour 2007, 2013, 2014, 2015 et 2016 le côté particulièrement dispersif de l'hiver est le facteur principal. Le niveau plus élevé en début 2011 qu'attendu pourrait être lié aux caractéristiques de la fin de l'hiver / début de printemps particulièrement favorables (temps calme et ensoleillé).

Le niveau de la fin 2001 a été estimé en se basant sur les suivis qui ne portaient, à cette époque, que sur le littoral des Côtes d'Armor (suivis réalisés par le CEVA sur financement du Conseil Général des Côtes d'Armor). La méthode d'estimation était différente : pour rendre compatibles les méthodes, c'est le ratio de la mesure de mi-octobre 2001 sur le maximum annuel de 2001 qui a été utilisé.

Les paramètres analysés pour l'hiver 2015-2016 avait permis de prévoir un démarrage 2016 tardif : **surfaces en octobre 2015 relativement limitées et surtout hiver dispersif**, plus que la moyenne des années antérieures (+ 70 % de jour de houle de plus de 3.5 m par rapport à 2003-2015). **Ce retard saisonnier a été confirmé par les suivis de l'année 2016 avec 90 % de surfaces de moins sur avril+mai 2016** qu'en moyenne 2002-2015.

Pour ce qui est de la prévision du démarrage de la prolifération 2017, les éléments d'analyse ci-après étaient proposés en début avril :

**Les éléments disponibles**, assez clairs le 21 février, sont confirmés en ce début avril et laissent **craindre une prolifération particulièrement précoce** :

- Les **quantités présentes en fin 2016 sont supérieures aux années antérieures** (depuis octobre 2009) et s'établissent au double de la moyenne de 2009-2015 et même à 30 % au-dessus du niveau moyen 2002-2015,
- La température de l'eau **est, pour les mois de janvier, février et mars proche de la moyenne et même légèrement supérieure** (0.2 °C au-dessus de la moyenne pour février et 0.5 en mars : réseau SOMLIT à Astan - 60 m de fond),
- **L'hiver est le moins dispersif** de la chronique suivie : indicateur « jour de houle de + de 2.5 m » très nettement inférieur à la moyenne sur novembre à mars (47 jours contre 63 jours sur 2003-2015) et le nombre de jours est surtout très bas pour les tranches de houle les plus élevées (9 jours de + de 3.5 m contre 27 en moyenne soit 3 fois moins).

**Le démarrage de la prolifération 2017 était donc attendu comme très précoce.** Cela a probablement été encore accentué par des **conditions d'avril très favorables** : temps lumineux (entre + 40 à + 57 % d'heures d'ensoleillement en plus suivant les stations de Météo France), très peu dispersif. **Le premier survol d'avril 2017 confirme cette précocité exceptionnelle** avec des niveaux de surface qui seraient **environ 5 fois supérieur** à la moyenne d'avril et même sensiblement supérieure à la moyenne de mai (proche du niveau moyen de juin qui est le niveau maximum annuel moyen).

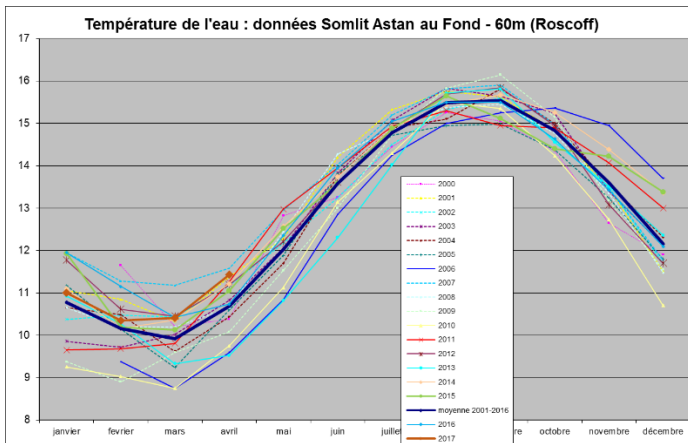
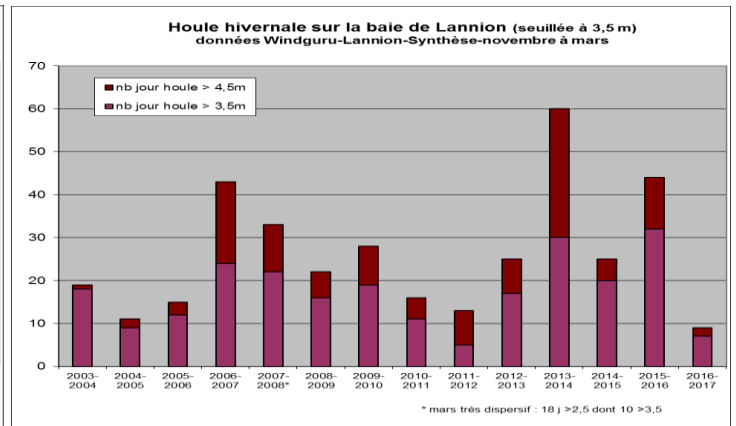
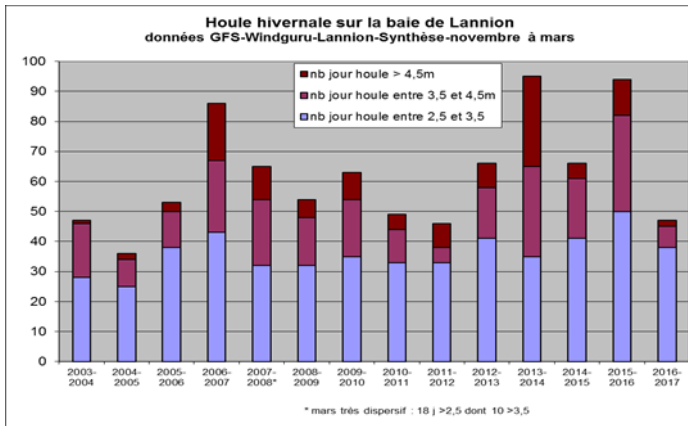


Figure 10 (a), (b) et (c) : caractéristiques des hivers. (a) houle du modèle GFS /Windguru pour le site de Lannion par catégorie de hauteur de vague sur novembre à mars ; (b) mêmes valeurs mais seuillée au-dessus de 3.5 m de houle ; (c) données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et mars 2017 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff). L'hiver 2016-2017 présente des températures plus élevées que la moyenne sur l'ensemble de l'hiver (novembre à mars) avec même en avril 0.75 °C de plus qu'en moyenne 2001-2016.

## 2.6. Veille thématique internationale

### 2.6.1. Contexte et objectif

Cette veille thématique permet de suivre l'évolution du phénomène de prolifération des algues opportunistes en dehors de la zone bretonne et de faire le point sur les avancées faites au niveau de la connaissance du phénomène, des moyens de lutte possibles et éventuellement des perspectives envisageables pour éliminer ou valoriser ces algues.

Ce travail poursuit la veille engagée dans le cadre du programme ProLittoral. La veille concerne toutes les études internationales dont les résultats pourraient constituer un apport dans la compréhension des marées vertes bretonnes.

### 2.6.2. Matériel et Méthodes

#### ➤ Veille documentaire

La veille documentaire a été réalisée à travers la consultation principalement des bases de données suivantes : SpringerLink, ScienceDirect, Wiley-Blackwell et PlosOne. Les mots clés suivants ont été employés (seuls ou en combinaison) pour pouvoir avoir un résultat le plus exhaustif possible : macroalgae, green-tide, eutrophication, algal bloom, algal nuisance, management, biomass accumulation, excessive growth, Ulva, Pylaiella, Solieria, nitrogen, phosphorus, collecting, harvesting, treatment, processing. La recherche documentaire a été centrée sur l'année 2016 complétée par la fin de l'année 2015 et le début de l'année 2017.

### ➤ Gestion de la base de données

Toutes les références bibliographiques ont été intégrées dans la base de données interne du CEVA sous le logiciel CITAVI.

## 2.6.3. Résultat de l'analyse bibliographique

Avant-propos : le nom de genre *Ulva* est abrégé dans la suite de ce document par *U.* .

### 2.6.3.1. Descriptions locales du phénomène de marées vertes

#### ➤ Asie

Comme les années précédentes, l'année 2016 a vu paraître une majorité d'études concernant l'Asie et les marées vertes du nord de la mer Jaune. La plupart des articles traitent de l'origine de la marée verte (principalement représentée par *Ulva prolifera*) se développant au niveau du banc de Subei (Subei Shoal) et dont l'initiation serait liée à la présence des structures aquacoles destinées à la culture de l'algue rouge alimentaire *P. yezonesis* plus communément connue sous le nom de *Porphyra* ou Nori. L'année 2016 a vu l'émergence de publications utilisant la **téledétection satellitaire pour suivre le développement surfacique de la marée verte et fournir des estimations historiques** de la prolifération par traitement d'images d'archives. Les capteurs utilisés sont les satellites : MODIS, Landsat, HJ-1A/B, ENVISAT et le radar à ouverture synthétique ASAR. La Figure 11 illustre l'évolution spatio-temporelle de la prolifération en algues vertes entre 2007 et 2015 sur la partie ouest de la mer Jaune.

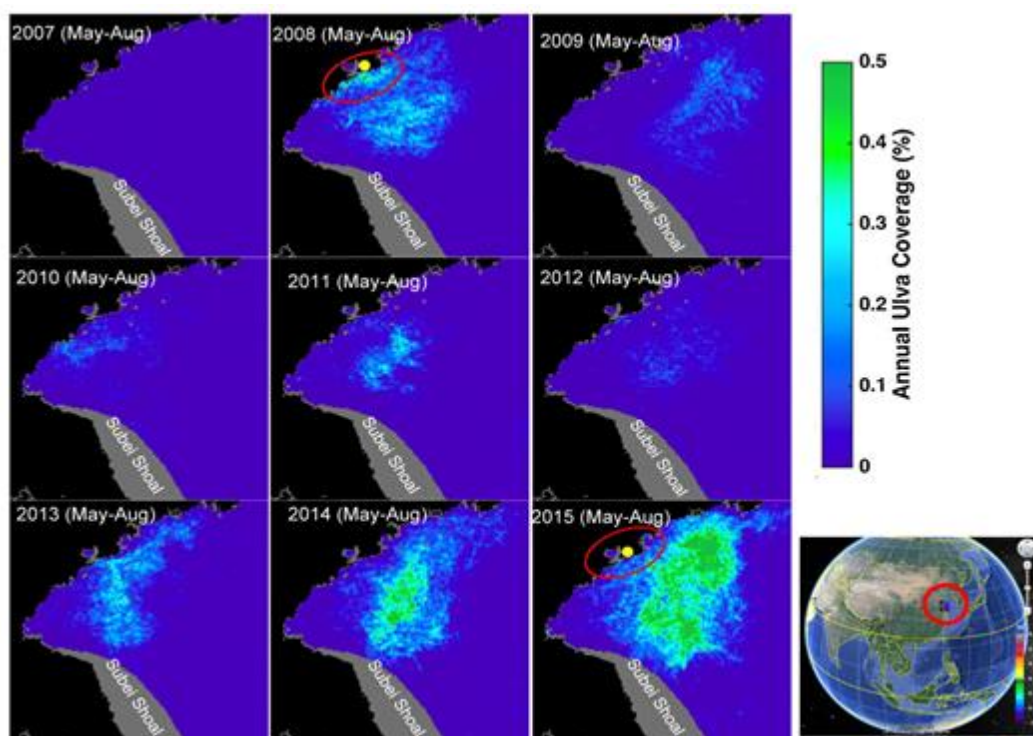


Figure 11: Distribution pluriannuelle (moyenne sur mai-août) de la couverture en algues vertes (en équivalent 100%) sur la partie ouest de la mer Jaune. Résultats obtenus à partir du traitement d'images satellites MODIS (Qi et al., 2016)

La Figure 12 est une traduction surfacique de la figure précédente et propose une estimation pluriannuelle entre 2007 et 2015 de l'évolution de la marée verte sur la partie ouest de la mer Jaune. Après le pic de 2008, les données d'archives du satellite MODIS montrent que la marée verte a diminué notablement puis une nouvelle prolifération a débuté à partir de 2013-2014 pour atteindre un maximum d'une ampleur inégalée en 2015 avec une surface de 116 km<sup>2</sup>.



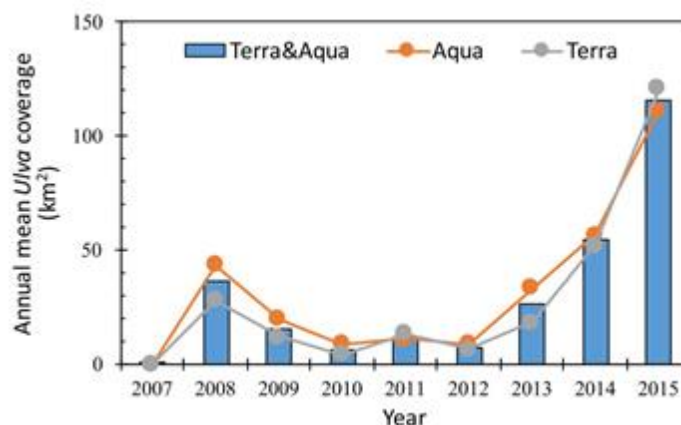


Figure 12: Surface totale entre 2007 et 2015 estimée à partir de la moyenne établie sur mai-août de la couverture en algues vertes (en km<sup>2</sup> équivalent 100%) sur la partie ouest de la mer Jaune. Résultats obtenus à partir du traitement des images satellites MODIS (Qi et al., 2016)

Les autres éléments publiés pour ce secteur sont résumés dans le tableau suivant.

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Li et al. (2016d)	Mer Jaune / Chine	L'analyse génétique de 210 échantillons d'algues vertes prélevés le 19 juin 2013 montre qu'ils appartiennent tous à l'espèce <i>U. prolifera</i> avec une <b>faible diversité génétique</b> . Cette faible diversité génétique s'expliquerait par la zone d'origine limitée de la biomasse en algue verte et le mode de reproduction asexuée d' <i>U. Prolifera</i> .
Liu et al. (2016)	Mer Jaune / Chine	Cette parution spéciale propose une synthèse des connaissances acquises sur la marée verte d' <i>U. prolifera</i> qui se développe sur le plateau de Subei puis se trouve transportée par les courants de surface jusqu'aux côtes de la province de Shandong. Les auteurs concluent que les processus menant au développement de la marée verte sont les suivants: (1) <b>les structures de culture de <i>Porphyra</i> sont à l'origine de la formation des blooms d'ulves par germination des micro-propagules présentes au niveau des structures de mars à mai</b> , (2) <b>en mai, les algues vertes attachées aux structures de culture sont arrachées par les aquaculteurs après la récolte de <i>Porphyra</i> et participent également à l'ensemencement du plateau de Subei</b> , (3) <b>les algues vertes sous l'action du courant de surface dérivent vers le nord en direction de la province de Shandong créant une marée verte dont le maximum se situe au mois de juin</b> , (4) <b>la marée verte diminue progressivement à partir du mois de septembre</b> , (5) <b>le cycle se répète les années suivantes</b> .
Xing & Hu (2016)	Mer Jaune et partie Est de la mer de Chine / Chine	Article traitant de la <b>téledétection satellitaire</b> avec proposition d'un nouvel indice de détection des macro-algues flottantes nommé « Virtual-Baseline Floating macroAlgae Height » ( <b>VB-FAH</b> ). Le satellite HJ-1 ne disposant pas d'information spectrale dans le canal infra-rouge à ondes courtes (SWIR), les auteurs se basent sur le canal vert et rouge pour estimer la réflectance du SWIR. La comparaison avec d'autres capteurs (Landsat TM et ETM) montre que le nouvel indice fournit des résultats comparables à l'indice <b>FAI</b> (Floating Algae Index) appliqué aux images du satellite Landsat. L'application de ce nouvel indice aux séries d'images d'archives des satellites HJ-1 (période 1995-2006) et ECS (période 2009-2014) montrent que des blooms de <b>macro-algues sont présents en mer Jaune dès 1999</b> tandis que des blooms précoces en février-mars 2013 sont détectés sur la partie Est de la mer de Chine.
Xu et al. (2016a)	Mer Jaune / Chine	Article dédié à la <b>téledétection satellitaire</b> pour détecter et suivre les macro-algues flottantes en mer Jaune. Cette étude teste à partir de plusieurs capteurs

satellites (Aqua MODIS, HJ-1, Landsat 8 et ENVISAT) la robustesse de l'indice **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index) appliqué à l'estimation surfacique de la marée verte d'*U. prolifera*. Les auteurs indiquent que cet indice n'est pas adapté au cas de la mer Jaune en raison du biais lié à la turbidité et que la résolution spatiale est un facteur qui influence fortement la surface détectée en algue. Ils recommandent de procéder selon la méthode décrite par Otsu (1979).

Xu et al. (2016b) Mer Jaune / Chine Article traitant de la **téledétection satellitaire** (capteur **MODIS**) associé au modèle **GNOME** de transport lagrangien pour observer et prédire le transport des algues vertes dérivantes. Cet outil pourra être utilisé pour **prédire l'évolution spatiale de la marée verte** et anticiper son impact sur l'environnement.

#### ➤ Amérique du Nord et Amérique Centrale

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Melton et al. (2016)	Golfe du Mexique et Floride / USA	Identification de l'espèce <i>U. ohnoi</i> (espèce connue pour former des marées vertes au Japon) dans le Golfe du Mexique et sur la côte Atlantique de Floride. En raison de sa faible diversité génétique, cette algue ne serait pas native du Golfe du Mexique et des côtes de Floride. En juillet 2013 est observée en baie de Biscayne (Floride) une marée verte importante d' <i>U. ohnoi</i> associée à un bloom persistant de <i>Anadyomene stellata</i> et <i>Anadyomene sp.</i>
Paez-Osuna et al. (2016)	Golfe de Californie / Mexique	Revue bibliographique traitant de l'état environnemental du Golfe de Californie en lien avec le <b>changement climatique et la variabilité climatique</b> . Les auteurs se sont appuyés sur 180 études et ont relevé que le phénomène climatique <b>El Niño</b> influe sur la distribution et l'abondance des mammifères marins, des poissons, des crevettes, des espèces benthiques, des algues et du phytoplancton. En phase <b>El Niño, la taille et la biomasse des blooms à macroalgues tendent à diminuer et inversement en phase La Niña</b> .

#### ➤ Afrique

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Allanson et al. (2016)	Knysna / Afrique du Sud	Observation récente d'un bloom d' <i>U. lactuca</i> dans l'estuaire de Knysna <b>durant l'été 2014 et 2015 et au début du printemps 2015</b> . La biomasse maximale mesurée (2 kg.m <sup>-2</sup> P.H.) reste faible en regard des données rapportées dans la littérature (10 kg.m <sup>-2</sup> P.H.).

### 2.6.3.2. Descriptions locales d'autres types de proliférations macroalgales

#### ➤ *Solieria* spp.

Aucun élément n'a été trouvé cette année pour cette catégorie.

#### ➤ *Sargassum* spp.

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Hu et al. (2015)	Atlantique ouest / USA	Article traitant des <b>recommandations spectrales et spatiales des capteurs destinés à détecter les sargasses en mer</b> par traitement d'images acquises par le <b>capteur hyperspectral HypSIRI</b> . En raison de sa signature spectrale unique (pic de réflectance dans le rouge supérieur au vert), les auteurs montrent que les six bandes sélectionnées du capteur HypSIRI suffisent pour discriminer sans ambiguïté les sargasses des autres objets flottants.
Hu et al. (2016)	Atlantique ouest	Création d'un <b>système d'alerte dédié à la sargasse via un portail Web de suivi et d'observation des sargasses couplé à des données courantologiques</b> . Le site comprend également une page permettant à des particuliers d'alimenter le système d'alerte (observation depuis un bateau, depuis la côte ...). La Figure 13 extraite de l'article montre l'importante surface en sargasse estimée à plus de 300 km <sup>2</sup> et observée en juillet 2015 sur la zone de l'Atlantique Ouest et Est de la mer des Caraïbes.

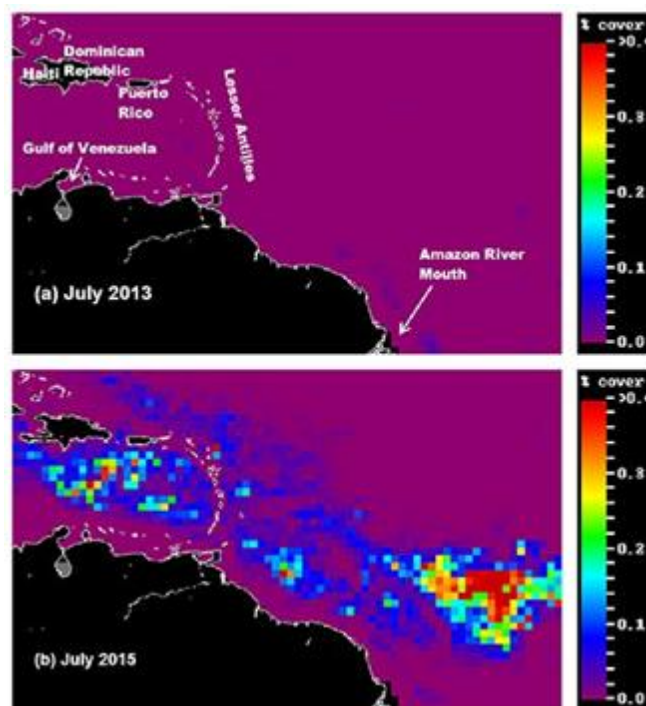


Figure 13: Taux de couverture moyen de *Sargassum* en juillet 2013 (a) et juillet 2015 (b) par traitement des observations issues du satellite MODIS et centrées sur la zone ouest Atlantique et Est de la mer des Caraïbes. La surface totale en sargasse est estimée à plus de 300 ha (Hu et al., 2016)

#### ➤ *Pylaiella* spp.

Aucun élément trouvé cette année pour cette catégorie.

### 2.6.3.3. *Éléments contribuant au développement des marées vertes*

#### ➤ Facteurs anthropiques

##### • *Apports excessifs en nutriments*

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Allanson et al. (2016)	Knysna / Afrique du Sud	Suite à l'observation d'une marée verte d' <i>U. lactuca</i> durant l'été 2014 et 2015, les auteurs font le lien avec les caractéristiques des bassins versants alimentant <i>en azote et phosphore l'estuaire de Knysna</i> et qui seraient à l'origine des récents blooms.
Flindt et al. (2016)	Fjord d'Odense / Danemark	Mise en évidence <b>d'une forte corrélation entre la concentration en azote inorganique dissous et l'abondance des macroalgues opportunistes</b> ( <i>Ulva lactuca</i> , <i>Monostroma sp.</i> and <i>Chaetomorpha linum</i> ).
Kang et al. (2016)	Mer Jaune / Corée	L'étude montre une <b>efficacité photosynthétique des spores d'<i>U. linza</i> identique</b> dans les différentes conditions nutritionnelles (et de salinité) rencontrées dans les eaux saumâtres, dans le proche côtier et au large de la mer Jaune. La croissance des thalles adultes d' <i>U. linza</i> a montré <b>un taux de croissance en environnement saumâtre deux et trois fois plus élevé</b> que dans des environnements de type côtier et large respectivement. Les auteurs en déduisent que <b>les eaux saumâtres constituent une zone favorable à l'initiation du bloom d'<i>U. linza</i></b> .
Kay et al. (2016)	Nouvelle-Ecosse et Nouveau-Brunswick / Canada	Dans cette étude consacrée au lien entre la structure de la canopée et la communauté des espèces présentes sur les habitats rocheux, les résultats montrent que <b>les algues vertes opportunistes (entéromorphes et <i>Ulva spp.</i>) ont été trouvées en plus grande abondance sur le site présentant la plus grande disponibilité en nutriments</b> .
Li et al. (2016a)	Mer Jaune / Chine	Article traitant des effets d'un enrichissement en azote et phosphore sur le taux de croissance et l'assimilation photosynthétique du carbone d' <i>U. Prolifera</i> . Les résultats montrent qu'un <b>environnement nutritionnel élevé</b> (ajout à l'eau de mer naturelle de 500 µmol.l <sup>-1</sup> en NaNO <sub>3</sub> et 30 µmol.l <sup>-1</sup> en NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <b>améliore nettement le taux de croissance et la capacité photosynthétique</b> par rapport à un niveau nutritionnel bas (eau de mer naturelle).
Melton et al. (2016)	Golfe du Mexique et Floride / USA	Le bloom persistant d' <i>U. ohnoi</i> observée en juillet 2013 dans la baie de <b>Biscayne serait lié aux rejets d'origines anthropiques</b> provenant des canaux.

##### • *Aquaculture*

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Huo et al. (2016)	Mer Jaune / Chine	De décembre 2012 à mai 2013 avant l'apparition du bloom d'algues vertes en mer Jaune, des quantités élevées de <b>propagules microscopiques d'ulves</b> ont été mesurées dans la colonne d'eau (> 1100 ind.l <sup>-1</sup> en moyenne en avril) et dans les sédiments (jusqu'à 300 ind. 20 g <sup>-1</sup> en avril) au niveau de la zone <b>aquacole de <i>Porphyra</i></b> le long de la côte Jiangsu. Les auteurs confirment le <b>rôle important des structures aquacoles</b> dans la genèse de ces événements.
Xiangqing et al. (2017)	Mer Jaune / Chine	De fin avril à fin mai 2014, des quantités élevées de <b>propagules microscopiques d'ulves</b> ont été mesurées (> 300 ind.l <sup>-1</sup> ) au niveau de la zone <b>aquacole de <i>Porphyra</i></b> le long de la côte sud de la province de Jiangsu.

Etude d'octobre 2010 à avril 2011 de la succession de la communauté et de la **biomasse totale des algues vertes présentes sur les structures aquacoles**. La biomasse en algues vertes est maximale en avril (14 898 t) avec un second pic en novembre (2034 t) et minimale en février (729 t). Les résultats des mesures soutiennent pleinement l'hypothèse selon laquelle les **algues vertes attachées aux structures aquacoles sont à l'origine de la marée verte d'*U. prolifera*** en mer Jaune. La Figure 14 présente une cartographie des zones de culture de *Porphyra* au niveau du plateau de Subei (surface de culture estimée : 200 000 ha).

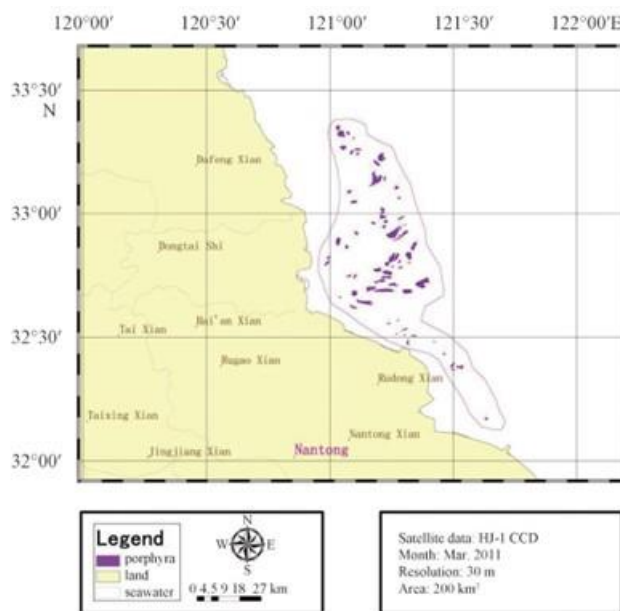


Figure 14: Zones de culture de *Porphyra* de Nantong à Yancheng. Cartographie obtenue par traitement d'images satellites (Yan et al., 2015)

#### ➤ Autres facteurs d'origine anthropique

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Kang & Kim (2016)	Corée	Etude de la croissance et des performances photosynthétiques d' <i>U. pertusa</i> dans l'hypothèse du changement climatique. Une <b>élévation de la température de l'eau (19 °C) ne semble pas favoriser la croissance d'<i>U. pertusa</i> dont l'optimum se situe entre 10 et 20 °C</b> . De même, une élévation du CO <sub>2</sub> (1000 µatm) n'entraînerait pas une augmentation significative de la croissance et de la capacité photosynthétique du fait de la contrainte sur la température. Les auteurs n'excluent par le fait que d'autres espèces pourraient proliférer à la place d' <i>U. pertusa</i> si le niveau d'eutrophisation dans le proche côtier n'était pas diminué.

#### ➤ Facteurs environnementaux abiotiques

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Bao et al. (2015)	Mer Jaune / Chine	Si le Banc de Subei peut être le point de départ des algues vertes à l'origine d'importantes marées vertes en mer Jaune, un régime de <b>vents de secteur sud</b> est toutefois nécessaire à la formation de ce phénomène.
Gao et al. (2016)	Chine	Evaluation des <b>effets de la température et/ou de la salinité sur la croissance et l'activité photosynthétique d'<i>U. prolifera</i></b> en laboratoire. Cette étude montre la <b>capacité d'adaptation</b> de cette algue par des changements morphologiques. A faible salinité (10), l'algue produit beaucoup de branches de petites longueurs pour se protéger de la pression osmotique. Le phénomène inverse est observé dans des conditions de

température élevée (25 °C) ce qui lui permet de fixer davantage de lumière et de nutriments. L'élévation seule de la température de 20 à 25 °C fournit le meilleur taux de croissance.

Keesing et al. (2016)	Mer Jaune / Chine	Etude de janvier à avril 2012 de la biomasse d' <i>U. prolifera</i> et d' <i>U. intestinalis</i> présente sur les structures aquacoles. La <b>température</b> , la période <b>d'émersion</b> et la teneur résiduelle en <b>azote dissous</b> en mer Jaune jouent un rôle dominant par rapport au pH, à la lumière et à la salinité.
Min et al. (2015)	Mer Jaune / Chine	Les mesures <i>in situ</i> de courant, de température, de salinité et de turbidité par traitement des images satellites MODIS au niveau du banc de Subei montre que <b>la turbidité joue un rôle clé</b> . Au niveau du banc, la turbidité est trop élevée pour permettre le développement des algues vertes une fois détachées des structures aquacoles. Sous l'action du courant, une partie est transportée à l'extérieur du banc où les conditions de turbidité deviennent nettement plus favorables leur permettant de retrouver une bonne flottabilité via l'activité photosynthétique. <b>A partir de 2007, l'extension en mer jusqu'à 13 km de côtes de l'aquaculture de Porphyra a joué un rôle important</b> du fait de meilleures conditions de turbidité pour le développement des algues vertes une fois celles-ci détachées des systèmes de cultures.
Xu et al. (2016b)	Mer Jaune / Chine	Simulation par le modèle GNOME du transport des algues vertes sur 10 jours. Les auteurs montrent que <b>le vent</b> en influençant directement le courant de surface <b>joue un rôle déterminant dans le transport des algues vertes</b> en mer Jaune.

### ➤ Facteurs biologiques

#### • Métabolisme

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Grueneberg et al. (2016)	Ria Formosa / Portugal	Des <b>bactéroïdes</b> isolés tels qu' <i>Algoriphagus sp.</i> and <i>Polaribacter sp.</i> pourrait déclencher individuellement <b>une morphogénèse complète du genre <i>Ulva</i></b> et fournir ainsi un nouveau mode d'action pour le <b>développement des algues induites par des bactéries</b> . Les auteurs ouvrent sur l'importance de ces résultats pour la culture d'ulves en bassin.
Holzinger et al. (2015)	Australie	La dessiccation entraîne des modifications structurales des couches internes de la paroi cellulaire pectique d' <i>U. compressa</i> . Cette réaction contribue à <b>protéger l'algue des dommages mécaniques liés aux cycles de dessiccation-réhydratation</b> .
Kang et al. (2016)	Mer Jaune / Corée	Etude en laboratoire de la réponse physiologique d' <i>U. linza</i> à différents stades de développement (spores et thalles adultes) et dans différentes conditions environnementales (eaux saumâtres, proche côtier et large). <b>Les spores n'ont pas montré de différence au niveau de leur performance photosynthétique dans les trois types de conditions environnementales testées</b> .
Wang et al. (2016b)	Mer Jaune / Chine	<i>U. prolifera</i> présente une meilleure <b>capacité photosynthétique</b> et une meilleure efficacité sur le plan de <b>la photo-protection</b> qu' <i>U. intestinalis</i> . Ces différences expliquent la prolifération d' <i>U. prolifera</i> en mer Jaune par rapport à <i>U. intestinalis</i> .
Xiao et al. (2016)	Mer Jaune / Chine	Comparée à d'autres espèces d'ulves, <i>U. prolifera</i> <b>ne présente pas de photo-inhibition</b> à très fort éclairage. Leur branche dense et la structure

complexe des systèmes de radeaux flottants permettraient à cette algue de réduire la photo-inhibition. L'étude met également en évidence **des taux de croissance élevés (10.6 %–16.7 % d<sup>-1</sup>)** dans de larges gammes de température (5-32 °C) et de salinité (14-32).

- Ying et al. (2016) Mer Jaune / Chine Article traitant de la **réponse du système antioxydant** des algues vertes *U. prolifera* et *U. intestinalis* soumises à des **conditions de stress**. *U. prolifera* apparaît plus sensible qu'*U. intestinalis* à des changements environnementaux brutaux. Les auteurs concluent que la stratégie de forte croissance printanière et de décroissance automnale d'*U. prolifera* et la persistance d'*U. intestinalis* peuvent s'expliquer par des différences au niveau de leur activité enzymatique et de leur système antioxydant.
- Zhao et al. (2016) Qingdao / Chine Article traitant de la **stratégie d'adaptation photosynthétique d'*U. prolifera*** formant dans la bande côtière une couche épaisse d'algues dérivantes. L'étude montre que (1) *U. prolifera* présente une **forte capacité photosynthétique lui permettant d'obtenir suffisamment d'énergie pour accroître sa biomasse** et s'adapter à sa longue migration en mer, (2) **la couche d'algues en surface est capable de dissiper l'excès d'énergie par le contrôle quantique photosynthétique** afin d'éviter des dommages irréversibles de son système photosynthétique, (3) **les couches inférieures augmentent leur teneur en Chlorophylle a et Chlorophylle b et diminuent leur rapport Chl a / Chl b** pour améliorer leur aptitude à utiliser l'énergie lumineuse, (4) *U. prolifera* a une **forte plasticité photosynthétique** lui permettant de s'adapter aux échanges fréquents d'algues sous l'action des vagues entre la couche de surface et les couches inférieures.
- Zhu et al. (2016) Chine L'activité de la nitrate réductase (NR) d'*U. prolifera* diminue avec la salinité. Le nitrate combiné au phosphate peut améliorer l'activité NR où les meilleures performances ont été obtenues pour une salinité de 15 psu. L'enrichissement en ammonium a significativement diminué l'activité NR à 30 et 15 psu, mais pas à 5 psu. Les résultats suggèrent que **l'activité NR d'*U. prolifera* (1) serait déclenchée par la disponibilité en nitrate** en particulier pour des gammes moyennes de salinité, (2) **resterait faible en milieu hyposalin ou à fort enrichissement en ammonium** mais peut augmenter rapidement face à un flush de nitrate en milieu estuarien.

• **Reproduction et cycle biologique**

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Hiraoka & Higa (2016)	Estuaire de Shimanto / Japon	Etude le long d'un <b>gradient de salinité de la distribution des formes sexuées et asexuées d'<i>U. prolifera</i></b> . Les résultats montrent étonnamment la <b>prédominance persistante de la forme sexuée dans des conditions de faible salinité</b> ce qui suggère que le processus de reproduction sexuée d' <i>U. prolifera</i> serait assuré à faible salinité. Les auteurs concluent qu'une partie de la forme ancestrale marine se serait progressivement adaptée à de plus faibles salinités. Par ailleurs, des évolutions génétiques auraient conduit au développement de plusieurs populations asexuées dans le domaine marin. Cette évolution expliquerait la répartition actuelle des populations sexuées et asexuées en fonction du gradient de salinité.
Kang et al. (2016)	Mer Jaune / Corée	Les <b>eaux saumâtres constituent des zones préférentielles pour la croissance des thalles d'<i>U. linza</i></b> et leur dispersion depuis l'estuaire vers les eaux côtières puis le large où elles disposent de conditions nutritionnelles suffisantes pour maintenir leur population.

Wang et al. (2016a) Qingdao / Chine Article traitant de la sporulation et de la libération des spores d'*U. prolifera*. Les auteurs montrent que **la sporulation de l'algue verte *U. prolifera* est contrôlée par les changements au niveau de la chaîne de transport des électrons photosynthétiques qui interviennent suite à un accès restreint au CO<sub>2</sub>.**

• **Compétition et prédation**

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Keesing et al. (2016)	Mer Jaune / Chine	Les biomasses importantes d' <i>U. prolifera</i> par rapport à <i>U. intestinalis</i> mesurées sur les structures aquacoles suggèrent <b>qu'<i>U. prolifera</i> a une meilleure tolérance à la lumière et la dessiccation qu'<i>U. intestinalis</i>.</b>
Yan et al. (2015)	Mer Jaune / Chine	Entre octobre 2010 et avril 2011, <b>une grande diversité d'algues vertes a été observée sur les structures aquacoles avec la présence de 6 espèces</b> ( <i>U. prolifera</i> , <i>Capsosiphon groenlandicus</i> , <i>U. linza</i> , <i>U. intestinalis</i> , <i>U. clathrata</i> et <i>U. compressa</i> ). Durant l'hiver 2011, la biomasse était dominée par <i>C. groenlandicus</i> (80 %) tandis qu' <i>U. prolifera</i> a connu une croissance exponentielle à partir du début du printemps au fur et à mesure que la température devenait favorable. <b>L'analyse de la succession/compétition de la dynamique communautaire des espèces d'algues vertes présentes sur les structures aquacoles permet d'expliquer la prédominance et le bloom d'<i>U. prolifera</i> en mer Jaune en sortie d'hiver.</b>

**2.6.3.4. Contrôle nutritionnel et autres facteurs limitant les marées vertes**

➤ **Contrôle nutritionnel**

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Li et al. (2016a)	Mer Jaune / Chine	Un environnement nutritionnel élevé en azote et phosphore augmente <b>significativement le taux de croissance journalier d'<i>U. prolifera</i>.</b>

➤ **Facteurs anthropiques**

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Huo et al. (2016)	Mer Jaune / Chine	Le rôle important des structures aquacoles dans la genèse du bloom d'algues vertes en mer Jaune étant démontré, les auteurs recommandent de trouver <b>des solutions techniques préventives pour réduire la biomasse d'algues vertes fixée sur les structures et empêcher la fixation des micro-propagules d'ulves sur ces mêmes structures.</b>
Keesing et al. (2016)	Mer Jaune / Chine	Plutôt que de réduire uniquement la pollution d'origine anthropique, une <b>récolte plus précoce de <i>Porphyra</i> dans le sud de la province du Jiangsu avant que les températures n'augmentent sensiblement et deviennent bien supérieures à 10 ° C en avril</b> , pourrait réduire la biomasse de <i>U. prolifera</i> présente sur les structures aquacoles.
Liu et al. (2016)	Mer Jaune / Chine	En parallèle à des mesures de réduction des apports en nutriments, les auteurs <b>conseillent de stocker à terre les algues vertes fixées sur les structures aquacoles et de les utiliser en tant que fertilisant.</b> Dans l'intérêt des exploitants aquacoles, les auteurs insistent également sur la nécessité d'éliminer les algues vertes car elles rentrent en compétition avec les espèces commercialisées.



### ➤ Facteurs environnementaux abiotiques

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Min et al. (2015)	Mer Jaune / Chine	Mise en évidence du rôle <b>prépondérant joué par la turbidité dans le développement de la marée verte.</b>
Paez-Osuna et al. (2016)	Golfe de Californie / Mexique	L'augmentation de température liée au phénomène climatique <b>El Niño est défavorable aux macroalgues</b> (dont <i>Ulva</i> sp.) tandis que le phénomène inverse est observé en phase La Niña.
Yan et al. (2015)	Mer Jaune / Chine	La <b>température contrôle la marée verte d'<i>U. prolifera</i> en mer Jaune.</b> Les auteurs ajoutent que l'augmentation de l'eutrophisation n'est pas la cause directe du développement des marées vertes.

### ➤ Facteurs biologiques

Aucun élément trouvé cette année pour cette catégorie.

## Impact direct et indirect des accumulations de macroalgues sur l'écosystème

### ➤ Impacts sur les organismes et sur les populations

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Allanson et al. (2016)	Knysna / Afrique du Sud	Les observations menées en octobre 2015 ont montré, par rapport à celle effectuées au printemps 2015, <b>une baisse de la diversité liée au récent bloom d'<i>U. lactuca</i>.</b> Le crabe <i>Parasesarma catenata</i> semble avoir été impacté par cette prolifération et n'a été aperçu que sur une petite zone exposée de l'estran.
Flindt et al. (2016)	Fjord d'Odense/ Danemark	Un environnement riche en nutriments induit <b>une croissance excessive du phytoplancton et des macroalgues opportunistes qui affecte négativement les zostères</b> par la diminution des conditions lumineuses et le renforcement de la compétition pour l'espace et les nutriments.
Li et al. (2016b)	Ile d'Hainan / Chine	Etude floristique des espèces macrophytes présentes sur les récifs coralliens le long de gradients de pollution induits par la présence de fermes piscicoles. L'étude montre <b>que le bloom d'algues brunes (<i>Chnoospora implexa</i>, <i>Padina australis</i>, <i>Sargassum polycystum</i> and <i>S. sanyaense</i>) laisse place à un bloom d'algues vertes d'<i>U. lactuca</i> et de <i>Caulerpa racemosa</i></b> au fur et à mesure qu'on se rapproche des sources de pollution.

### ➤ Impacts sur les cycles biogéochimiques

Aucun élément trouvé cette année pour cette catégorie.

### ➤ Impacts sur les populations humaines

Aucun élément trouvé cette année pour cette catégorie.

### 2.6.3.5. Effets généraux de l'eutrophisation côtière sur les équilibres biologiques

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Li et al. (2016b)	Ile d'Hainan / Chine	Une forte pollution peut entraîner à la fois une <b>réduction importante de la richesse des macroalgues</b> et l'apparition de bloom d'algues vertes.

### 2.6.3.6. Origine des sels nutritifs et leur gestion

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Flindt et al. (2016)	Fjord d'Odense/ Danemark	Le modèle MIKE couplé à un Système d'Information Géographique (SIG) a été utilisé pour évaluer le rétablissement potentiel des herbiers de zostères en environnement estuarien. Une <b>réduction de 30 % des apports actuels en nutriment permettrait de multiplier par deux la surface en zostères</b> . Les effets sont plus contrastés concernant les autres variables simulées (stress induit par les algues vertes, turbidité, matière organique du sédiment).
Melton et al. (2016)	Golfe du Mexique et Floride / USA	L'analyse au moyen de <b>l'isotope stable <math>^{15}\text{N}</math> de l'azote contenu dans les tissus d'<i>U. ohnoi</i> proliférant dans la baie de Biscayne suggère que la source d'azote est d'origine anthropique</b> et qu'elle proviendrait des différents canaux débouchant en mer.
Oczkowski et al. (2015)	Rhode Island / USA	Article traitant des techniques de stockage d'échantillons d' <i>Ulva</i> et de <i>Gracilaria</i> en vue de l'analyse par <b>des isotopes stables <math>^{15}\text{N}</math> de l'azote et <math>^{13}\text{C}</math> du carbone contenus dans leurs tissus</b> . L'étude montre que <b>la technique et le temps de stockage n'ont eu aucun impact sur les valeurs isotopiques de l'azote et du carbone ainsi que sur le pourcentage d'azote et de carbone contenu dans les tissus des algues</b> .

### 2.6.3.7. Gestion et valorisation des algues vertes

#### ➤ Santé humaine et cosmétique

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Kendel et al. (2015)	Bretagne / France)	Etude de la composition lipidique de <i>U. armoricana</i> et <i>Solieria chordalis</i> et découverte de <b>perspectives intéressantes</b> dans le domaine de la <b>nutrition</b> et de la <b>santé</b> (activité anticancéreuse).
Adrien et al. (2017)	Oléron / France	Etude <b>des ulvanes et de leurs propriétés cosmétiques potentielles sur les fibroblastes cutanés humains</b> . Les polysaccharides à bas poids moléculaire ne montrent aucun effet sur la prolifération des fibroblastes tandis que les polysaccharides à fort poids moléculaire tendent à réduire le taux de prolifération ce qui les rend prometteurs pour envisager un développement ultérieur dans le domaine des soins cutanés.
Cornish et al. (2015)	Canada	Article traitant <b>du rôle des macroalgues alimentaires dans l'amélioration de certains facteurs de risque associés à une maladie cardiovasculaire</b> . Les macroalgues comestibles, telles que <i>Hypnea charoides</i> , <i>Mastocarpus stellatus</i> , <i>Palmaria palmata</i> , <i>Laminaria japonica</i> et <i>Ulva pertusa</i> , sont mentionnées en fonction de leur valeur d'amélioration sur la santé humaine.
Paiva et al. (2016)	Portugal	L'étude présente pour la première fois les <b>aspects nutritionnels et de promotion pour la santé humaine de quatre macroalgues açoriennes</b> ( <i>Ulva compressa</i> , <i>Ulva rigida</i> , <i>Gelidium microdon</i> et <i>Pterocladia capillacea</i> ). Une consommation régulière de ces algues soit directement soit par l'intermédiaire de compléments alimentaires peut <b>améliorer la santé humaine</b> ou peut avoir un <b>effet protecteur sur certaines maladies et processus de vieillissement</b> . Ils peuvent également être utilisés pour la production de <b>produits pharmaceutiques et cosmétiques</b> ce qui leur confère une forte valeur potentielle économique.

Pinteus et al. (2017)	côte de Peniche / Portugal	Etude de l'effet <b>cytoprotecteur des algues marines à haute activité antioxydante</b> . Les fucales ont montré l'activité antioxydante la plus élevée tandis <b>qu'<i>U. compressa</i> a présenté l'effet cytoprotecteur le plus élevé</b> . Ces résultats suggèrent qu'une activité antioxydante élevée peut ne pas être directement liée à un potentiel cytoprotecteur élevé. Les auteurs concluent que les algues se révèlent être une source prometteuse de composés potentiels contre le stress oxydatif.
Pirian et al. (2016)	Golfe Persique / Iran	Article traitant <b>des valeurs nutritives de sept espèces d'ulves comestibles</b> se développant dans des conditions environnementales identiques. L'étude met en évidence les effets bénéfiques de ces algues pour la nutrition humaine et les applications pharmaceutiques.

#### ➤ Agriculture et agroalimentaire

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Cole et al. (2016)	Australie	Etude de la <b>qualité de composts destinés à l'agriculture en faisant varier le rapport carbone-azote</b> provenant d'algues vertes à fort contenu interne en azote ( <i>U. ohnoi</i> ) et de bagasse de canne à sucre à fort contenu interne en carbone. Le <b>rapport C:N optimal pour le compost à base d'algues est de 22: 1</b> , ce qui correspond à 82% d'algues sur une base de poids frais. Ce ratio permet de produire un compost mûr de haute qualité tout en veillant à ce qu'une forte proportion de l'azote (> 90%) contenu dans la biomasse des ulves soit retenue par le processus de compostage.
Lamprianidou et al. (2015)	Royaume unie	Développement d'un <b>modèle numérique multi-trophique</b> intégrant le saumon d'Atlantique, l'oursin <i>Paracentrotus</i> et les macroalgues <i>Ulva sp.</i> dans le but d'évaluer le potentiel de bioremédiation des nutriments. Les auteurs indiquent que ce modèle pourra être utilisé comme outil prédictif pour comparer l'efficacité de la bioremédiation de systèmes IMTA dans différentes conditions environnementales et pour différentes pratiques de production.

#### ➤ Production d'énergie

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Barbot et al. (2016)	Allemagne	Synthèse axée sur la <b>valorisation de déchets de macroalgues pour la production de biométhane</b> . Les auteurs concluent que le traitement de la biomasse indésirable liée à l'eutrophisation devrait être développé en parallèle du marché des macroalgues afin de soutenir une économie circulaire et participer à la restauration de l'environnement.
Ben Yahmed et al. (2016)	Tunisie	Etude décrivant une approche efficace et innovante de <b>bioraffinerie respectueuse de l'environnement et utilisant l'algue verte <i>Chaetomorpha linum</i></b> .
Coelho et al. (2016)	Rio Grande / Brésil	Article traitant <b>des applications potentielles des blooms d'algues vertes pour l'industrie alimentaire et comme source de biocarburants</b> . La présence de niveaux toxiques en arsenic qui se situent au-dessus de la législation Française et Brésilienne ne permet pas leur utilisation pour l'alimentation. Concernant leur potentiel comme source de biocarburants, les faibles teneurs lipidiques et fortes teneurs glucidiques suggèrent une utilisation possible dans la fermentation de l'éthanol, du butanol ou du méthane.

Jiang et al. (2016)	Israël	Etude par la méthode de Taguchi de l'impact des différents paramètres influençant le <b>procédé d'hydrolyse thermochimique des macroalgues du genre <i>Ulva</i> destinées à la bioraffinerie.</b>
Jung et al. (2016)	Corée du Sud	Article traitant de la <b>biométhanisation d'<i>Ulva sp.</i> en mode séquençage par lots.</b> Les changements observés dans la production de méthane et l'efficacité du traitement organique est en lien avec la communauté microbienne. Les auteurs préconisent <b>un contrôle de l'activité microbienne pour une biométhanisation plus stable</b> et plus efficace de la biomasse en ulves.
Khan et al. (2016)	Karachi / Pakistan	Etude de la <b>production de biodiesel à partir de l'algue verte <i>U. fasciata</i> catalysée par de nouveaux catalyseurs provenant de déchets de l'industrie sidérurgique</b> du Pakistan. L'étude débouche sur des <b>rendements élevés de biodiesel répondant aux normes internationales ASTM.</b>
Korzen et al. (2015)	Israël	L'article concerne la <b>culture marine intégrée d'<i>U. rigida</i> à forte teneur en d'hydrate de carbone pour une production accrue de bioéthanol.</b> Le rendement final obtenu est de <b>16 %</b> (en poids sec).
Li et al. (2016c)	Chine	Étude <b>d'optimisation sur le prétraitement au peroxyde d'hydrogène pour la production de bioéthanol à partir d'<i>U. prolifera.</i></b> Le prétraitement au peroxyde d'hydrogène débouche sur une amélioration efficace du procédé de production de bioéthanol.

#### ➤ Utilisation en tant que bioindicateur

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Ruiz-Ruiz et al. (2016)	Baie de Guaymas / Golfe de Californie	Evaluation du <b>niveau d'eutrophisation de la baie de Guaymas par la mise en œuvre d'un modèle d'évaluation du statut trophique estuarien.</b> Le modèle basé (1) sur le niveau d'oxygène dissous et de la chlorophylle <i>a</i> et (2) sur l'abondance des macroalgues classe l'état trophique de la baie de Guaymas comme bon.
Wan et al. (2017)	Irlande	Mesure de <b>l'état écologique d'une masse d'eau par la mesure des teneurs en métaux présents dans les blooms d'algues vertes</b> principalement représentés par <i>U. rigida</i> . Les résultats montrent qu'il n'y pas de corrélation entre la qualité écologique de la masse d'eau définie par l'EQR et les mesures de concentrations en métaux à l'exception du Sélénium.

#### ➤ Autres modes de valorisation

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Elizondo-Reyna et al. (2016)	Mexique	La <b>consommation d'<i>U. clathrata</i></b> en tant que supplément alimentaire <b>stimule les gènes du métabolisme immunitaire et lipidique dans les crevettes blanches</b> du Pacifique <i>Litopenaeus vannamei</i> .
Marin et al. (2016)	Roumanie	Article de conférence traitant de l'évaluation qualitative et quantitative des <b>macroalgues vertes et rouges présentes sur les côtes de la mer Noire.</b> Les auteurs indiquent que les macroalgues représentent une ressource naturelle importante pour la <b>nourriture humaine</b> , comme fourrage pour les <b>animaux</b> , comme engrais pour <b>l'agriculture</b> , comme ingrédient dans les <b>industries alimentaires et cosmétiques</b> et en tant que source de substances dans le cadre d'actions <b>pharmacodynamiques.</b>

Pallaoro et al. (2016)	Brésil	Etude de la <b>croissance de la crevette blanche <i>Litopenaeus vannamei</i> du Pacifique co-alimentée par l'algue verte <i>U. lactuca</i></b> . Les résultats montrent que l'alimentation commerciale peut être remplacée jusqu'à <b>50% par <i>U. lactuca</i></b> sans altération significative des performances de croissance des crevettes.
Ying-ying et al. (2015)	Chine	Mise en évidence des <b>propriétés algicides de l'extrait méthanolique d'<i>U. pertusa</i> sur les algues rouges <i>Karenia mikimotoi</i>, <i>Skeletonema costatum</i>, <i>Alexandrium tamarense</i>, <i>Heterosigma akashiwo</i>, <i>Prorocentrum donghaiense</i></b> .

### 3. CONCLUSION - PERSPECTIVES

L'action d'expertise, d'information et de soutien aux collectivités dans la lutte contre les marées vertes s'est poursuivie sur un rythme soutenu en 2016 notamment du fait de demandes nombreuses des SAGEs, des comités thématiques algues vertes liés au plan gouvernemental (bilan PLAV1 / montage PLAV2) mais aussi des socio professionnels et du grand public (via les médias) et du milieu éducatif. Le recueil des informations de flux saisonnier, sur tous les cours d'eau se jetant dans des baies touchées par des proliférations, permet de caractériser l'année 2016 et de poursuivre l'analyse de la réaction de la prolifération aux paramètres environnementaux dont les flux. Les flux, au niveau régional ont été encore en 2016 plutôt modérés sur la période mai-août avec cependant des variations sensibles selon les secteurs côtiers. Il convient cependant de noter que malgré des flux « globalement » bas sur la période sensible mai-août des reprises de flux importantes sont mesurées sur certains secteurs (baie de Saint Briec notamment) en particulier en juin, permettant probablement d'expliquer la croissance soutenue à cette période clé de l'année (installation du phénomène à un niveau élevé). L'analyse des autres paramètres, notamment houle et température hivernales entreprise dans le cadre de cette action Cimav P1 a permis de prévoir dans ses grandes lignes le démarrage de la prolifération 2016 et de façon encore plus tranchée la très grande précocité attendue pour 2017 (préparation de certaines collectivités à un ramassage très précoce du fait de ces prévisions anticipées).

Cette action a aussi permis de faire une mise à jour des travaux de recherche sur les proliférations menés ailleurs dans le monde afin de vérifier les éléments qui pourraient venir nourrir la réflexion sur la reconquête en Bretagne.

## ANNEXES

## ANNEXE 1

**PRINCIPALES INTERVENTIONS EN 2016**  
**« expertise scientifique, d'information et de conseil technologique en faveur des**  
**programmes de maîtrise des marées vertes de Bretagne »**  
(du 15 mars 2016 au 15 mars 2017)

*Principales interventions du CEVA dans le cadre de la mission « expertise, information et conseil technologique en faveur des programmes de maîtrise des marées vertes de Bretagne ».  
(15/ 03/2016 au 15/03/2017)*

**Appui aux collectivités sur les marées vertes et moyens de lutte**

- 17 03 2016 : Réunion programmes CIMAV avec les membres du « GP5 » : bilan des actions 2015, perspectives 2016.
- 23 03 2016 : Pour commission littorale AELB : note sur les modélisations des proliférations AV réalisées, apports des programmes CIMAV, travaux à approfondir.
- 11 04 2016 : Pour le SAGE de la baie de Douarnenez (EPAB) : éléments d'explications concernant la présence particulière en 2016 d'algues vertes filamenteuses fixées sur Tréboul.
- 14 03 2016 : Prolifération macroalgales sur le littoral du Morbihan : présentation au CD56 (Tifenn Neveu) des éléments de diagnostic disponibles au CEVA
- 18 03 2016 : Pour le CD56, export des données SIG relatives au littoral morbihannais et créations de carte sur les présences d'algues sur ses côtes, sur les ramassages, les espèces échouées.
- 26 04 2016 : CLE baie de Douarnenez : présentation par le CEVA du bilan des résultats des suivis des marées vertes, des indicateurs DCE (EQR), mode de calcul et indications, et de la modélisation de la prolifération en baie et ses résultats.
- 27 03 2016 : Sage de la baie de Saint Briec : données disponibles CEVA et utilisation pour la communication sur le phénomène en baie.
- 03 05 2016 : Pour CD56, fourniture données complémentaires sur le littoral du Morbihan : données SIG et cartographies spécifiques à l'échelle du département.
- 27 05 2016 : Eléments de diagnostic pour le contrat territorial du Scorff : couvertures algales sur la rade et sur les sites littoraux proches, note EQR de la rade, contributions des apports des BV Scorff et Blavet d'après modélisations....
- 31 05 2016 : Demande d'information sur les échouages d'algues sur le littoral de la baie de Quiberon pour la CC d'Auray.
- 01 06 2016 : Entretien avec SAGE Argoat Trégor Goëlo sur la recrudescence ressentie par les associations, ces dernières années, d'algues vertes sur le Jaudy. Point sur les données mesurées et production d'une note de synthèse sur la situation perçue et mesurée.
- 08 06 2016 : Participation à la rédaction de fiches pédagogiques sur le phénomène AV en baie de Saint Briec dans le cadre du plan de communication SAGE.
- 09 06 2016 : Mise à jour des éléments de diagnostic sur la baie de la Forêt pour le Sage Sud Cornouailles dont niveaux nutritionnels N et P en baie et évolutions du phénomène AV mesurées.
- 20 06 2016 : Pour SAGE Rance Frémur : données de mesures des dernières années pour évaluation de l'évolution du phénomène sur la Rance et sur les sites côtiers (Lancieux/Arguenon).
- 23 06 2016 : Sage Bas Léon : diagnostic de la situation AV sur le territoire du Sage (Goulven-Plouzané) pour les sites de type plage et vasière. Evolution mesurées à l'échelle du périmètre Sage et sur chacun des sites en suivi renforcé ; production de cartographie des dépôts sur l'ensemble du littoral (production note synthèse).
- 01 07 2016 : CLE Baie de Saint Briec : bilan plan AV et situation prolifération + visite exploitation avec presse.
- 25 07 2016 : Mairie de Trévou Tréguiniac : demande de complément d'informations sur la situation en baie de Trestel suite à article du Trégor.
- 19 08 2016 : LTC Lannion : présentation des métriques utilisées pour le classement EQR des masses d'eau et résultats pour la FRGC10.
- 31 08 2016 : CC Chateaulin : explication présence AB filamenteuses en baie de Douarnenez, risques sanitaires, moyens de ramassage, compostage, ...
- 05 09 2016 : Sage Baie de Douarnenez : situation particulière 2016 de la baie avec présence massive d'algues brunes filamenteuses.
- 09 09 2016 : Pour le BV du Quillimadec : actualisation diagnostic évolution sur la baie de Guissény ; éléments sur les calculs EQR et évolution de l'indicateur.
- 19 09 2016 : Sage de la Baie de Saint Briec : éléments sur la situation de septembre 2016 en baie de Saint Briec (surfaces d'échouages) et cas particulier de la vasière du Gouessant suite au décès du « joggeur ».



- 26 09 2016 : Baie de la Forêt (Mairie de Fouesnant) : réunion du comité de pilotage pour le bilan du PLAV 1 et perspective.
- 12 10 2016 : Groupe permanent de scientifiques en appui du PLAV 2 à Rennes : quel appui scientifique envisager (coordination CRESEB).
- 20 10 2016 : BV du Quillimadec (Lesneven) : bilan du PLAV 1 et perspectives PLAV2.
- 03 11 2016 : MIRE : détermination des objectifs de qualité de l'eau à atteindre pour les baies du PLAV.
- 08 11 2016 : SAGE baie de Douarnenez : modélisation CEVA du phénomène sur la baie, indications fournies et biais envisageables. Intérêt d'une mise à jour du modèle avec notamment le passage en version 3 D et flux mesurés.
- 09 11 2016 : Réunion MIRE, DREAL + scientifiques du groupe permanent pour contribution à la définition des objectifs à atteindre sur les cours d'eau pour lutter contre les marées vertes.
- 01 12 2016 : Sage de baie de Saint Briec : réunion sur les éléments de communication AV.
- 06 12 2016 : Groupe de Travail AV du Golfe du Morbihan : présentations des résultats de l'étude Ceva modélisation des objectifs.
- 07 12 2016 : CLE de la baie de Saint Briec à Lamballe.
- 13 12 2016 : réponse au BE Asconit sur l'évolution de la situation des proliférations sur le Sage du Bas Léon et en particulier les « petits sites » exclus du diagnostic initial du Sage.
- 10 01 2017 : Comité pilotage programme CIMAV à Ploufragan.
- 19 01 2017 : Groupe permanent de scientifique à Rennes : appui scientifique au PLAV 2.
- 23 01 2017 : Pour le SAGE Argoat Trégor Goelo : réunion à l'AELB (Ploufragan + visio Nantes-Orléans) sur les évolutions mesurées sur les vasières du Jaudy et mesures complémentaires éventuelles à entreprendre.
- 27 01 2017 : Sur demande de la MIRE (JL Bourdais + Amélie Dechamps) : réunion centrée sur les connaissances des proliférations, outils pour les mesurer et détermination des objectifs à atteindre
- 03 02 2017 : Contribution pour les aspects AV à l'établissement des « fiches DREAL eau » sur les 8 baies du PLAV2.

### **Autres réunions et rencontres techniques**

- 31 03 2016 : Réunion « Agriculture à très basse fuite d'azote » à Lamballe (animation CRESEB).
- 28 03 2016 : Synthèse cartographique des couvertures par les algues vertes sur les vasières sur demande d'Agrocampus Ouest (thèse Emilie Le Luherne)
- 06 05 2016 : Demande du Ministère de l'Environnement, Energie et de la Mer (MEEM) de données sur les couvertures AV sur la Bretagne pour étude impact économique : description des données disponibles, fournitures données brutes et conditions de validité (très nombreuses demandes depuis 2013).
- 09 05 2016 : Fourniture données et signification des couvertures d'algues vertes sur vasière pour rapport de stage Agrocampus ouest (Alexis Paumier) en relation avec thèse Emilie Le Luherne. Lien avec les notes EQR sur les vasières et exploitation de cet indicateur.
- 17 05 2016 : Bilan annuel des proliférations d'algues verte pour le bilan DREAL (tableau de bord annuel).
- 18 05 2016 : Réunion à Rennes avec l'AELB : rôle du CEVA dans les suivis des proliférations d'algues vertes, implication possibles dans le PLAV2....
- 06 06 2016 : Demandes par le CSEM d'information sur les modélisations réalisées sur le golfe : production d'éléments de réponse et rédaction d'une note.
- 07 06 2016 : Séminaire impact des algues vertes en baie de Douarnenez à Brest (thèse Nolwenn Quillien)
- 08 06 2016 : Entretien avec Ifremer (Aurélien Rigolet) sur les enjeux et problématiques liés aux nitrates et notamment les aspects socio économiques des marées vertes en baie de Saint Briec et Saint Michel.
- 09 06 2016 : Demande du Syndicat Ria d'Etel de disposer de données sur la présence d'algues vertes pour analyser l'impact potentiel sur les herbiers de zostère. Production d'une cartographie de synthèse des zones statistiques de dépôt d'après les suivis 2008-2015.
- 10 06 2016 : Réunion animée par le CRESEB, Ifremer Brest : présentation par le Ceva des éléments de connaissance rassemblés en 2014 sur les flux sédimentaires issus des vasières, méthodologie et valeurs mesurées (étude biblio du Cimav P1)
- 14 06 2016 : Demande du ministère MEEM de disposer des données de ramassage et de position des échouages au niveau des plages pour étude d'impact économique.

- 14 06 2016 : Fourniture au GIP BE (Elodie Bardon) des données brutes issues des suivis Ceva pour voir les possibilités d'intégration dans un atlas interactif.
- 17 06 2016 : Participation à la réunion organisée par le CRESEB à St Brieuc sur le bilan PLAV1 / perspectives PLAV2 (et appui scientifique à envisager).
- 05 07 2016 : Soutenance thèse Emilie Le Luherne : « Impacts des marées vertes sur les habitats essentiels au renouvellement des ressources halieutiques »
- 12 09 2016 : Comité de pilotage du Sea-Mat project (Dublin / visio CEVA+SBR à Roscoff) : prolifération ulves et autres algues (brunes et rouges) sur les côtes irlandaises
- 14 09 2016 : AELB : structuration des données marées vertes pour intégration par l'AELB.
- 19 09 2016 : Réserve naturelle de la baie de Saint Brieuc : croisement des données ulves sur la baie et présence de Bernache. Fourniture des données pertinentes pour analyse relations ulves-Bernaches.
- 21 09 2016 : Vasières du Gouessant, mesure émanations H2S des vases.
- 28 09 2016 : Groupe de travail vasière pour répondre à disposition 10A 2 : échanges avec le CRESEB.
- 30 09 2016 : Pôle Phoenix Pleumeur Bodou : présentation (Pr Génin) Rouilles vertes pour lutter contre les Marées vertes ; point de vue du Ceva en réponse aux présentations.
- 10 10 2016 : Agrocampus Ouest : croisement des données CEVA sur le suivi des AV (mesures locale par chalutage) avec les données de la Thèse E Le Luherne.
- 11 10 2016 : Demande de LTC de données pour le profil de baignade de la commune de Saint Michel en Grève : compilation de toutes les données disponible pour fourniture d'une carte à l'échelle de la baie (maillage 25 m) des zones « statistiques » de dépôts (2008-2015 ; 7 inventaires annuels)
- 13 10 2016 : Réunion CRESEB (Saint Malo) à destination des Sages concernés par la disposition 10 A 2 : présentation des travaux sur les fournitures sédimentaires et expérimentations CEVA (utilisation des Ulves pour détermination des fournitures sédimentaires utilisables par les algues).
- 03 11 2016 : CNRS-Ifremer : intégration du CEVA pour la partie macroalgues de l'expertise collective Eutrophisation.
- 16 11 2016 : Tribunal de Grande Instance de Paris : marées vertes en Bretagne et dangerosité.
- 02 12 2016 : Journée Littoralg (UBS) à Vannes : intervention sur les échouages des côtes morbihannaises d'algues vertes et rouges.
- 06 12 2016 : Réunion de travail sur l'expertise collective de l'eutrophisation.
- 12 12 2016 : Comité de pilotage du programme DIETE à Nantes : eutrophisation de la baie de Vilaine et fournitures nutriments par les sédiments.
- 13 01 2017 : Préfecture Saint Brieuc : dangerosité des vasières, putréfaction AV, ... réunion avec les maires du littoral 22.
- 28 02 2017 : Réserve naturelle de la baie de Saint Brieuc : analyse de la présence importante des Bernaches en Baie en 2017 par rapport aux années antérieures et lien avec les surfaces AV octobre 2016.
- 28 02 2017 : Fourniture de jeux de données pour l'AELB « structuration » des données marées vertes pour échanges facilités entre le Ceva et l'Aelb.
- 02 03 2017 : Réunion avec Préfecture des Côtes d'Armor (DDTM) : aspects sanitaires et AV et cas particulier des zones de vase (dangerosité liée aux aspects piégeage physique sans algues ?).
- 06 03 2017 : Réunion AELB/CRESEB (Ploufragan) : point sur la réponse à apporter à la disposition 10 A2 : mesures des flux amont, des flux sédimentaires, utilisation des ulves pour déterminer les flux sédimentaires efficaces à leur croissance.
- 13 03 2017 : Comité pilotage de « Sea Mat project » (visio Roscoff/Dublin).

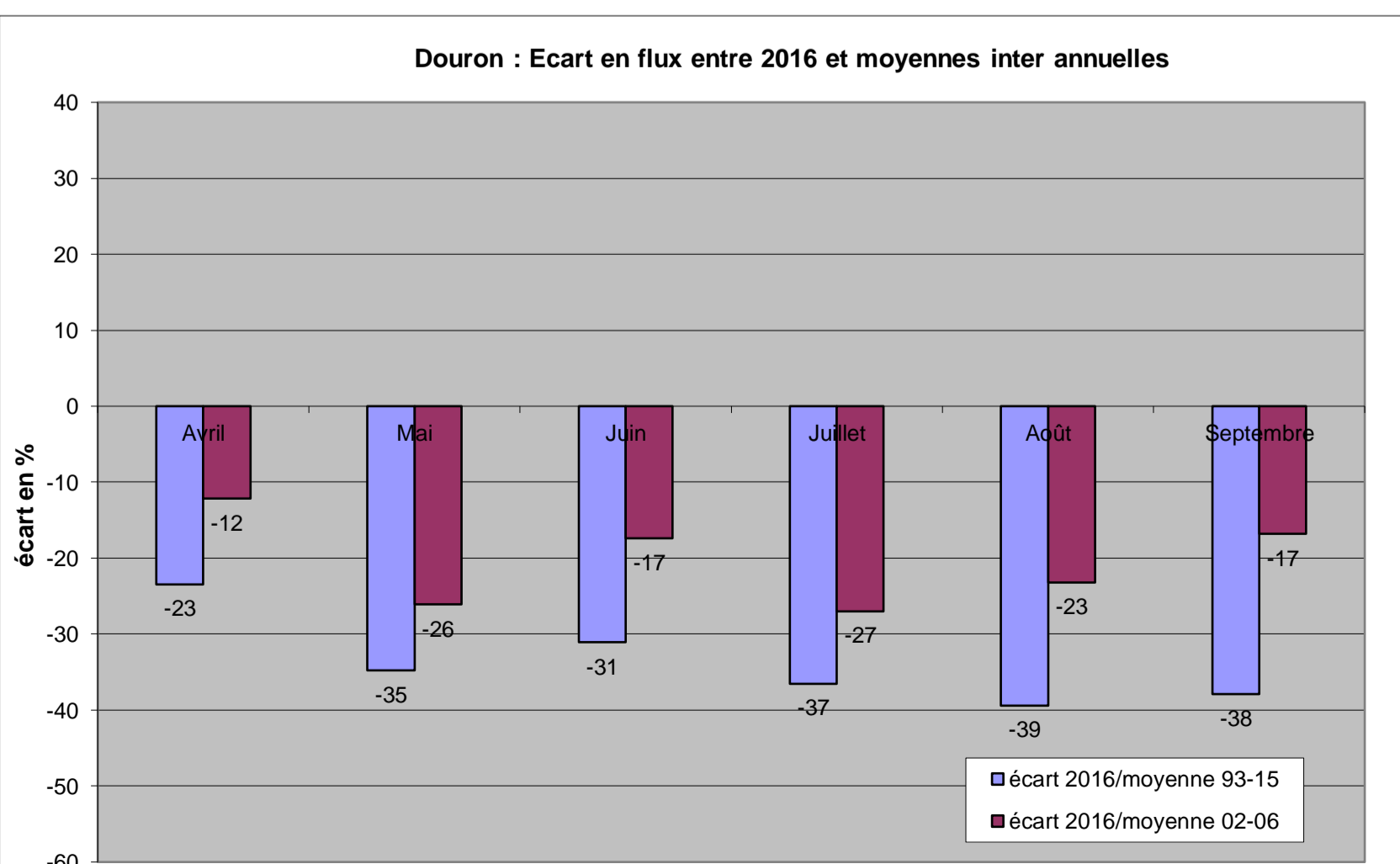
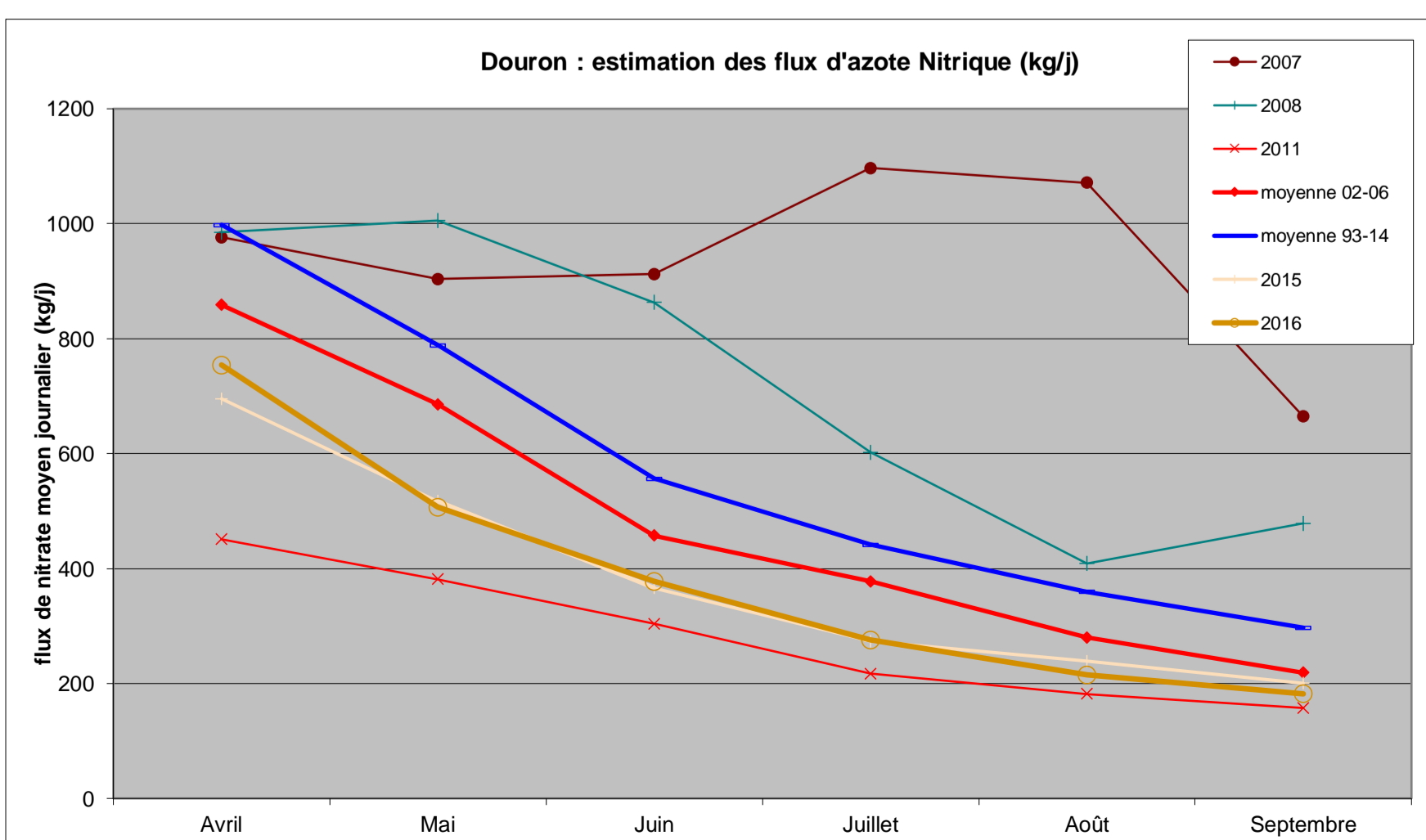
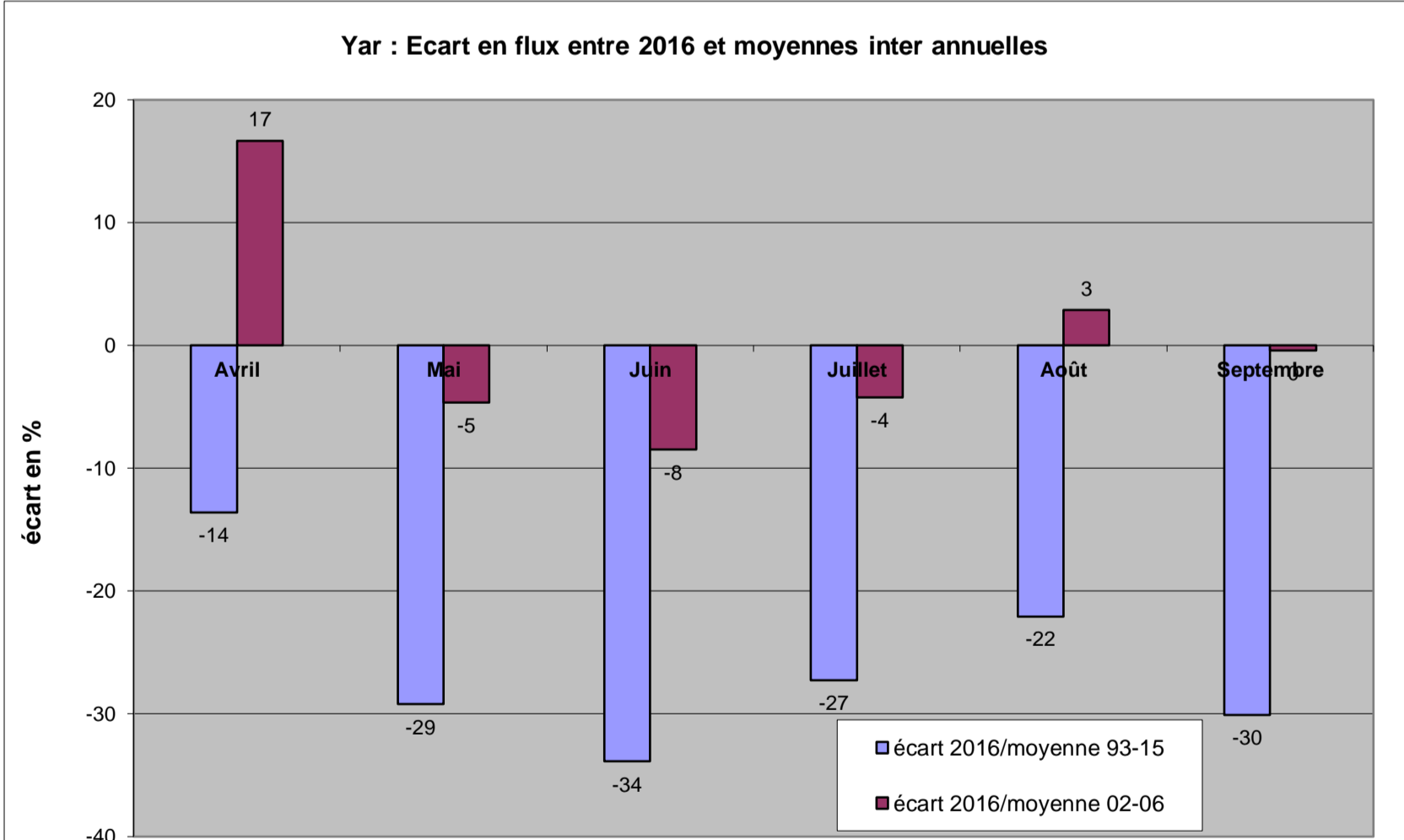
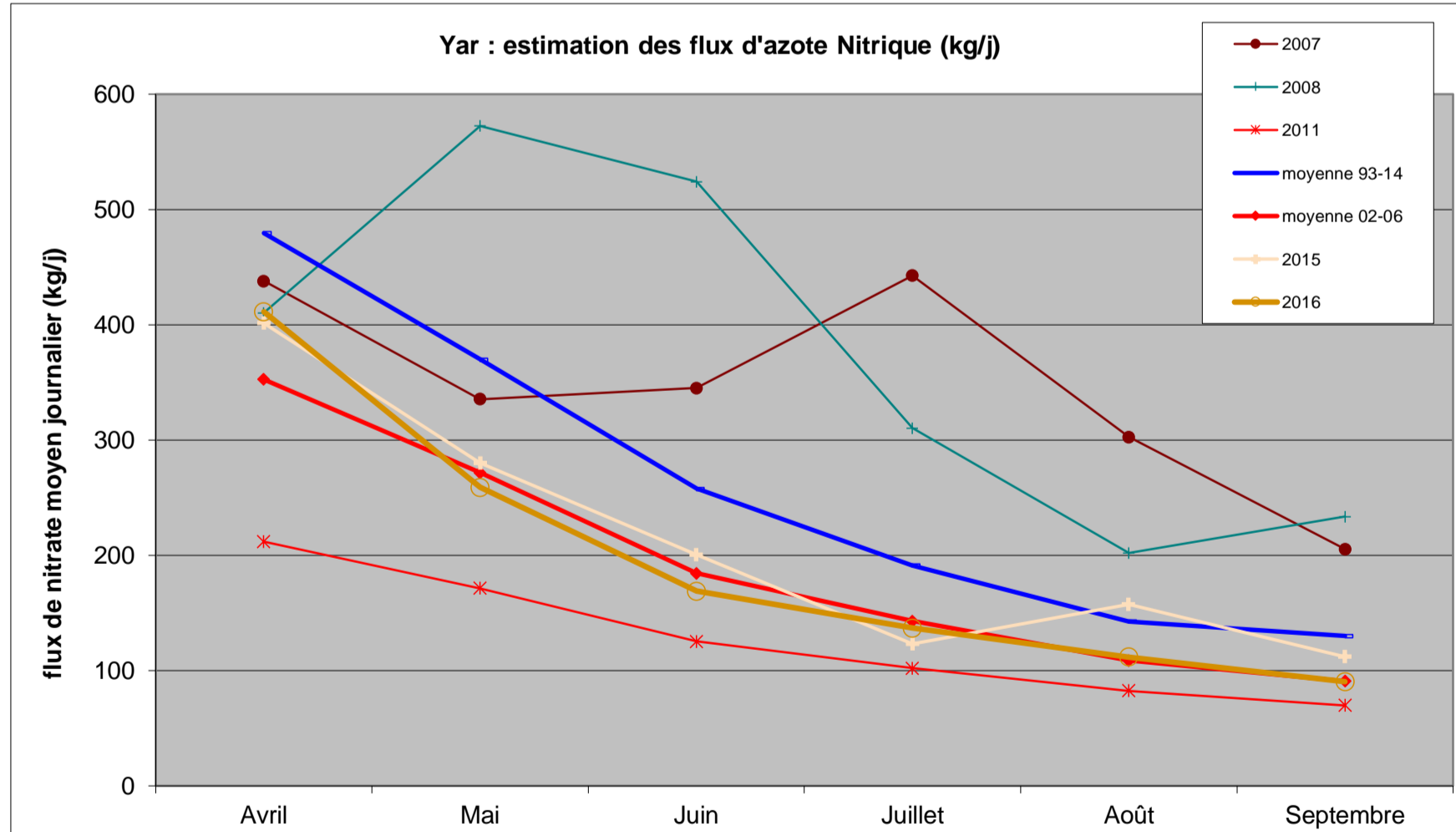
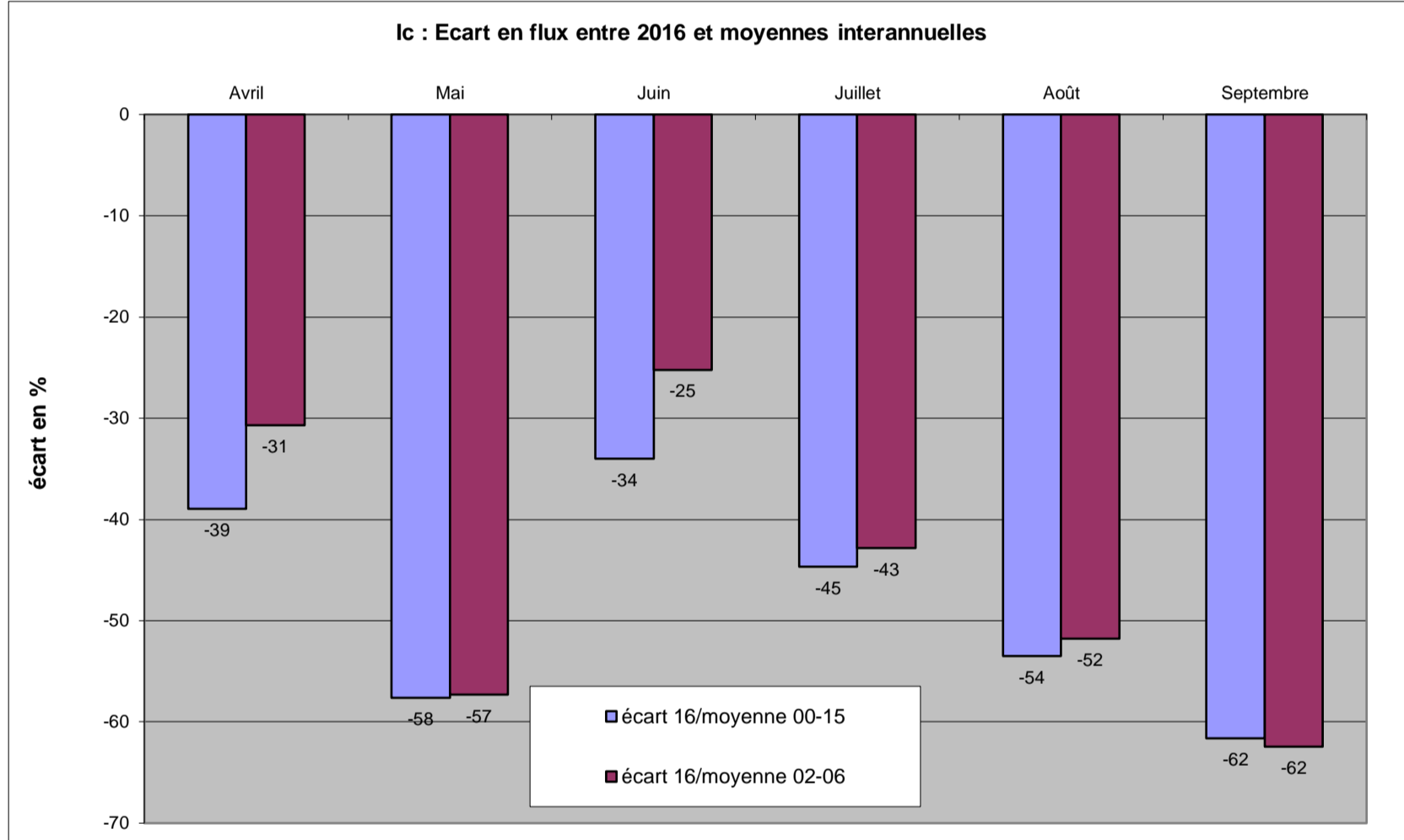
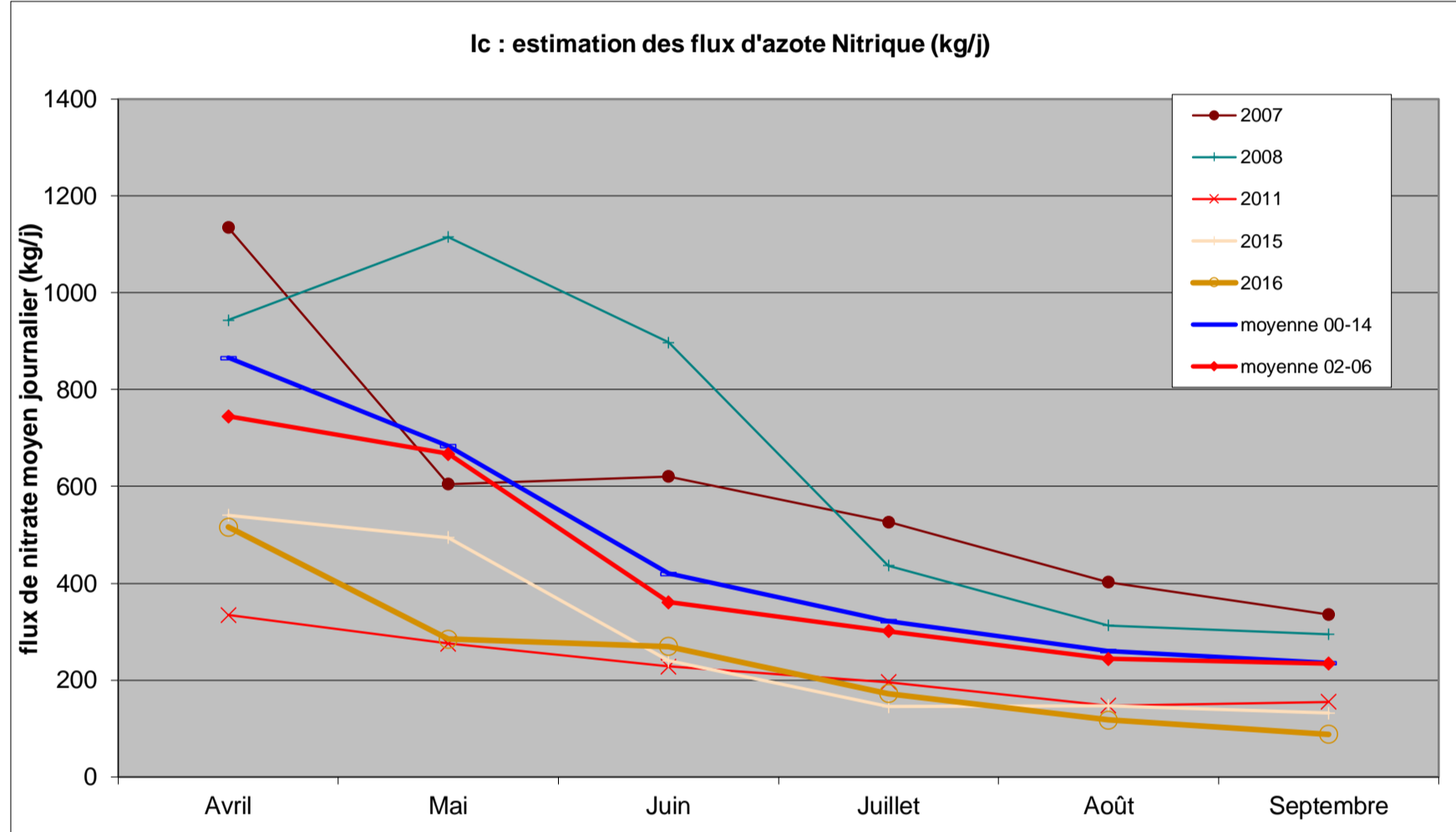
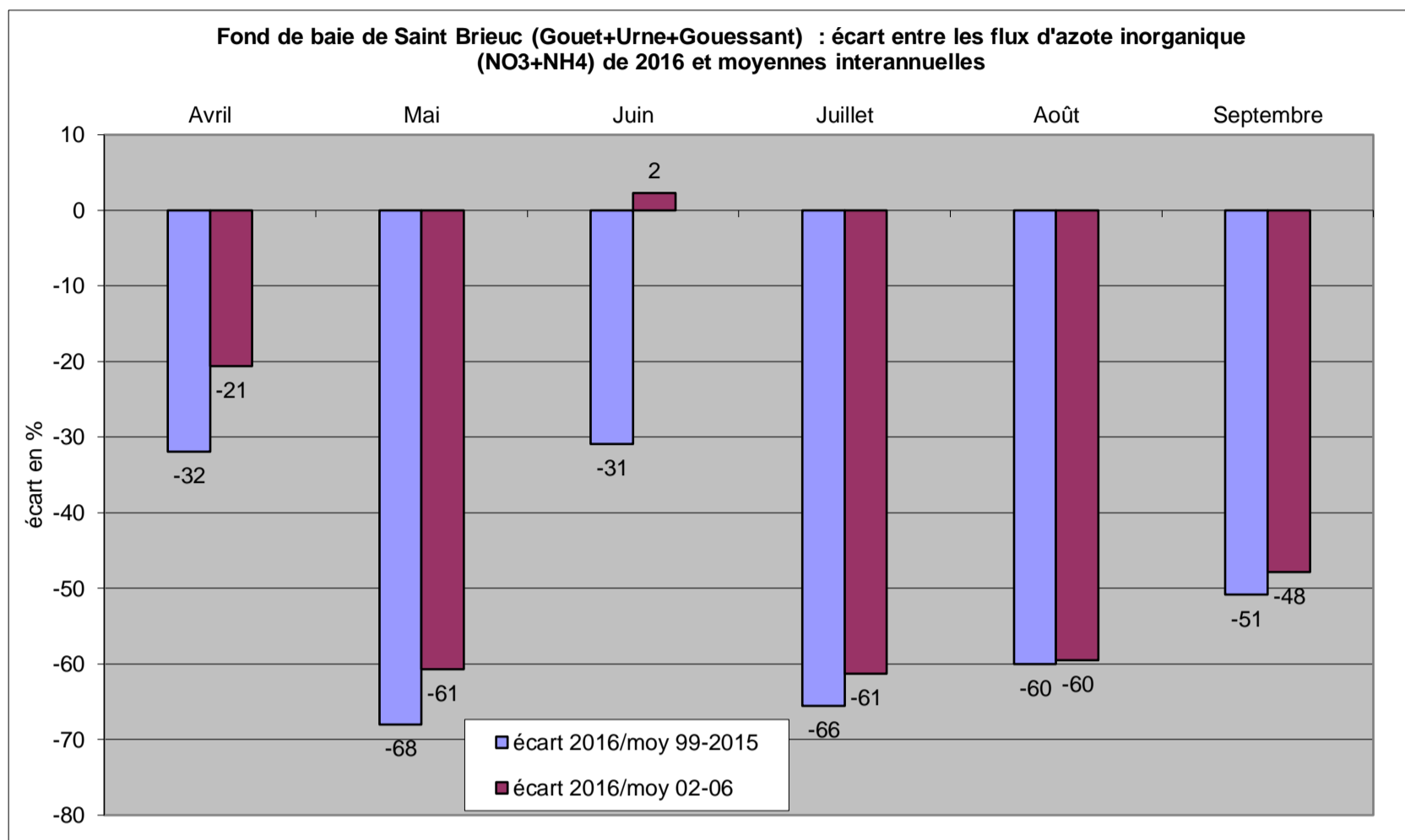
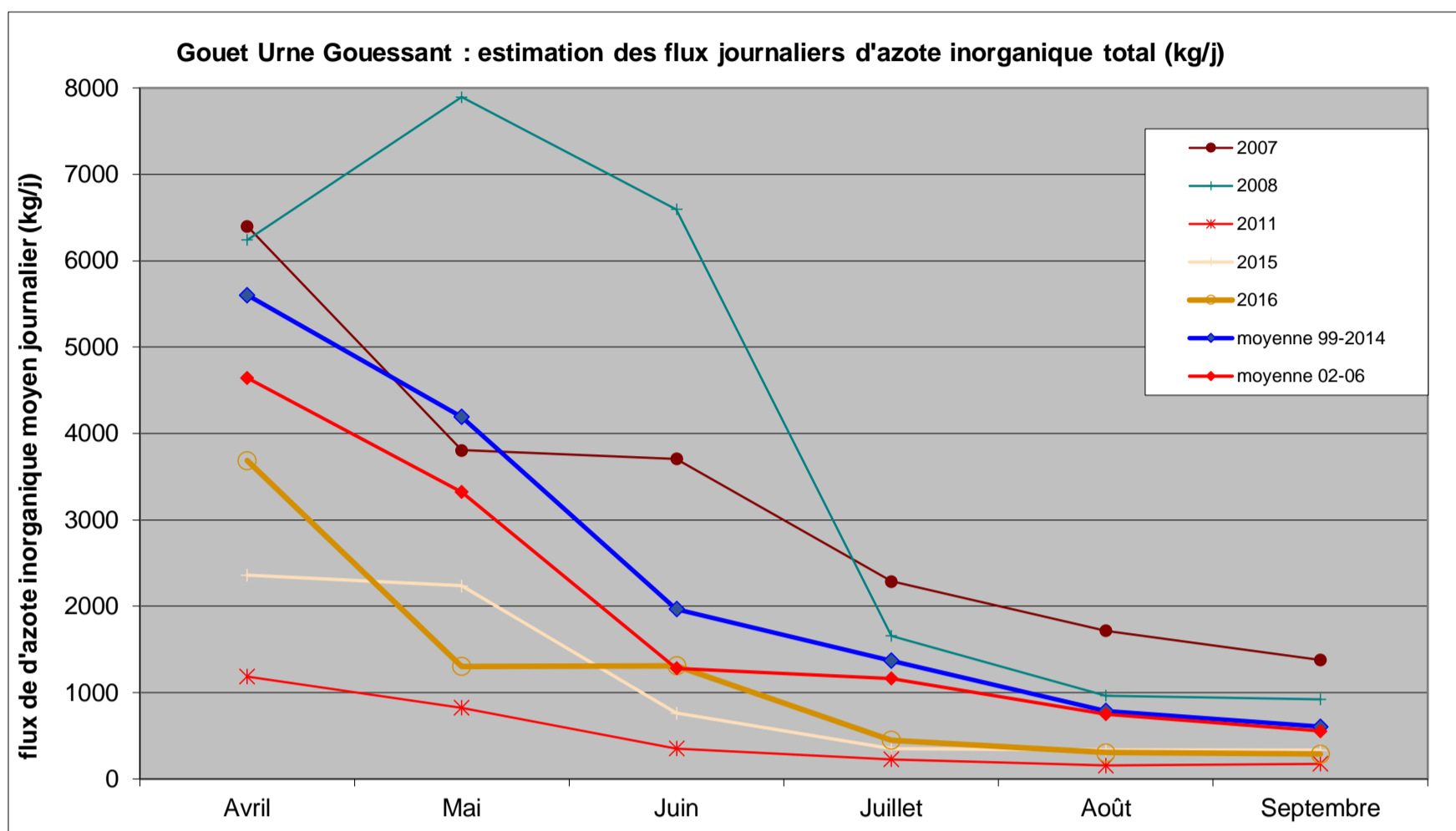
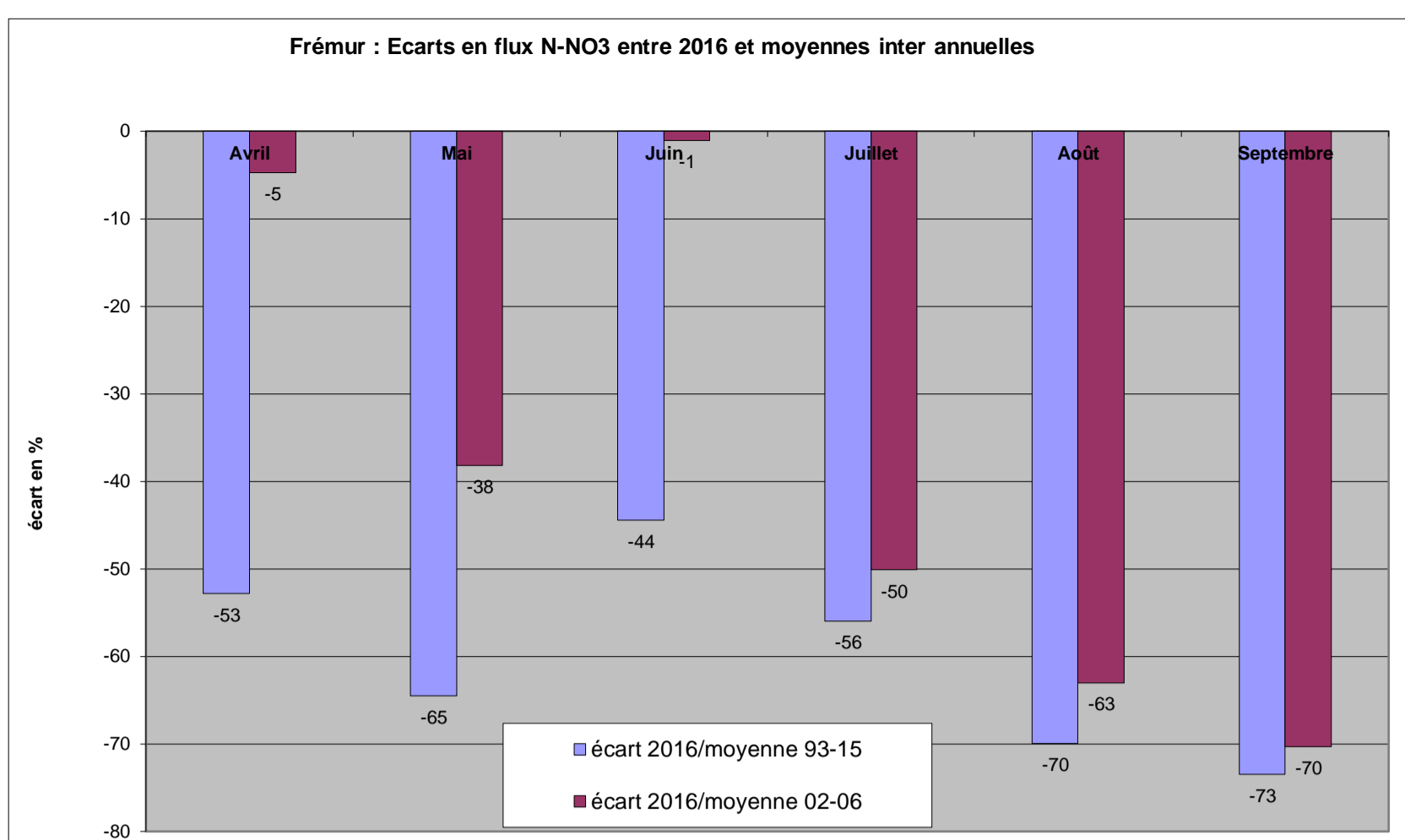
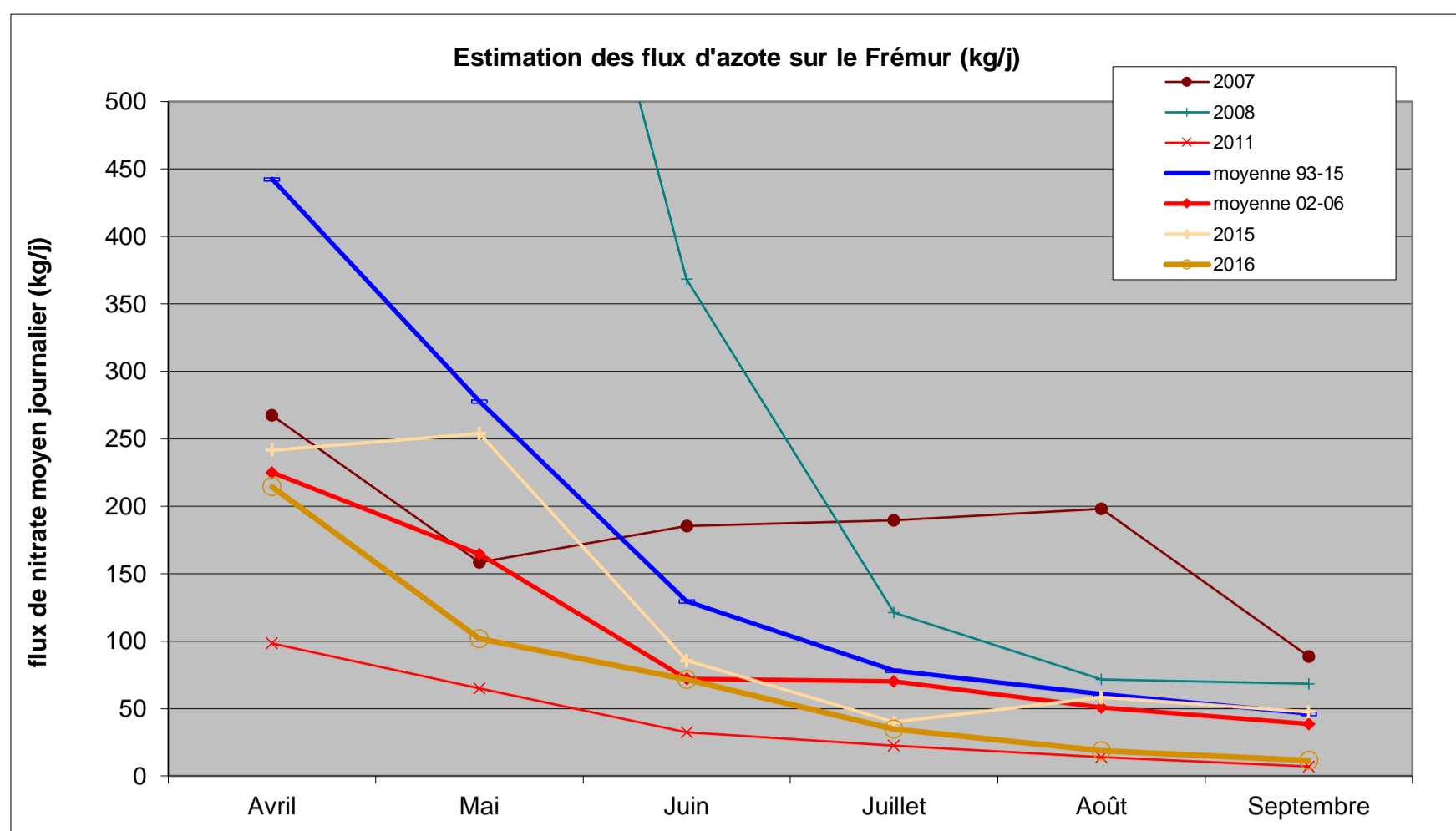
### **Information sur les Marées vertes et le les moyens de lutte**

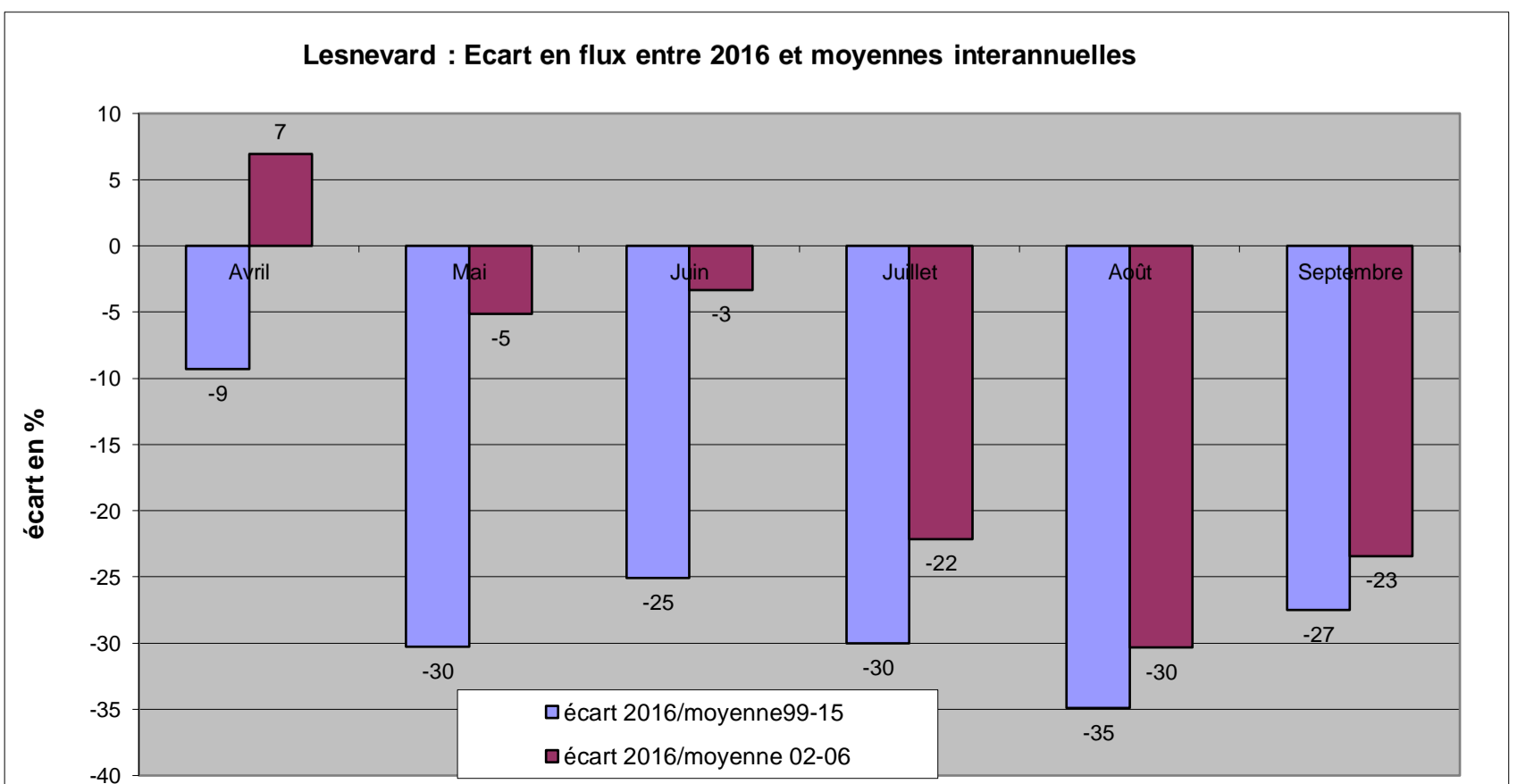
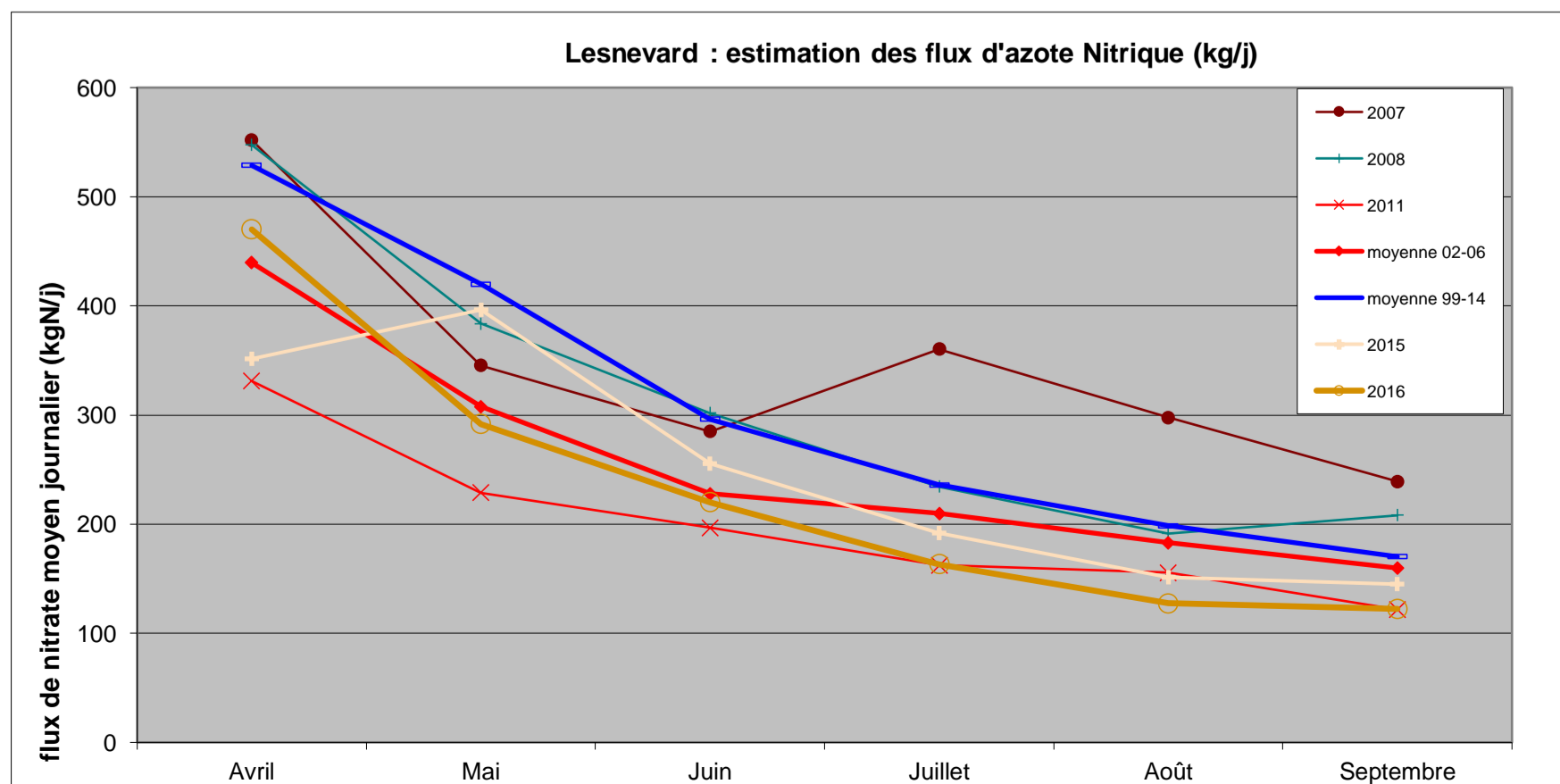
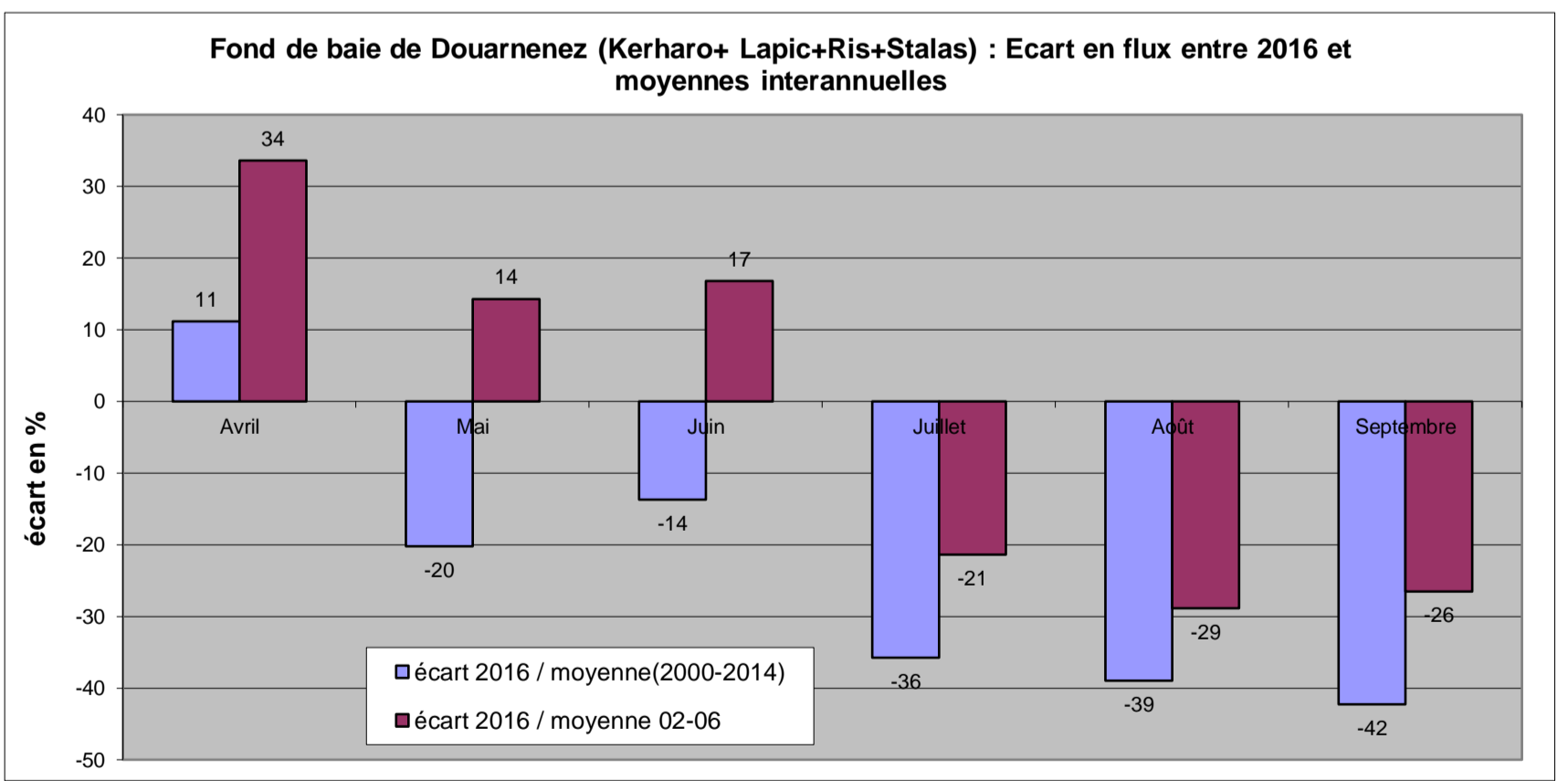
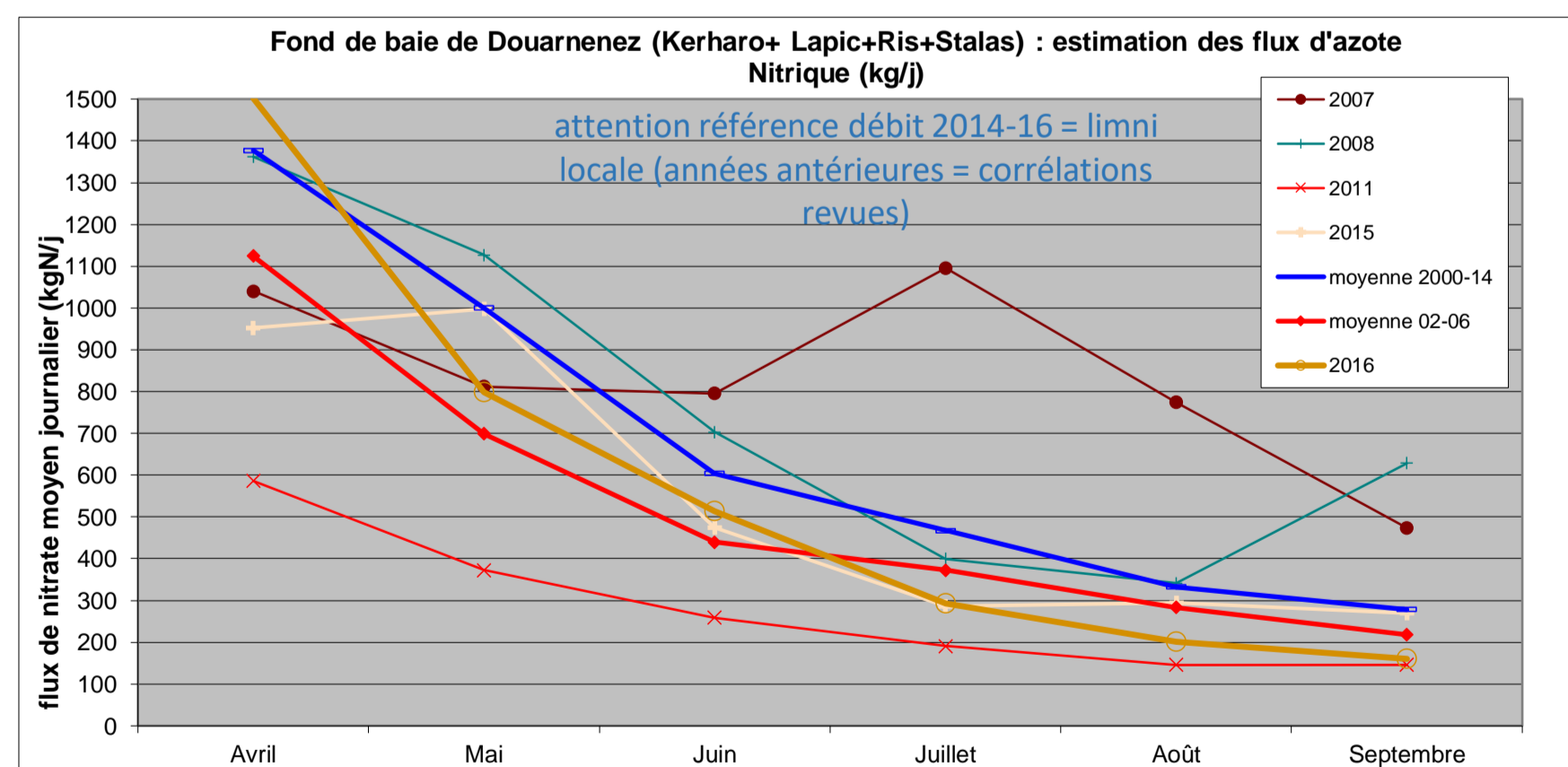
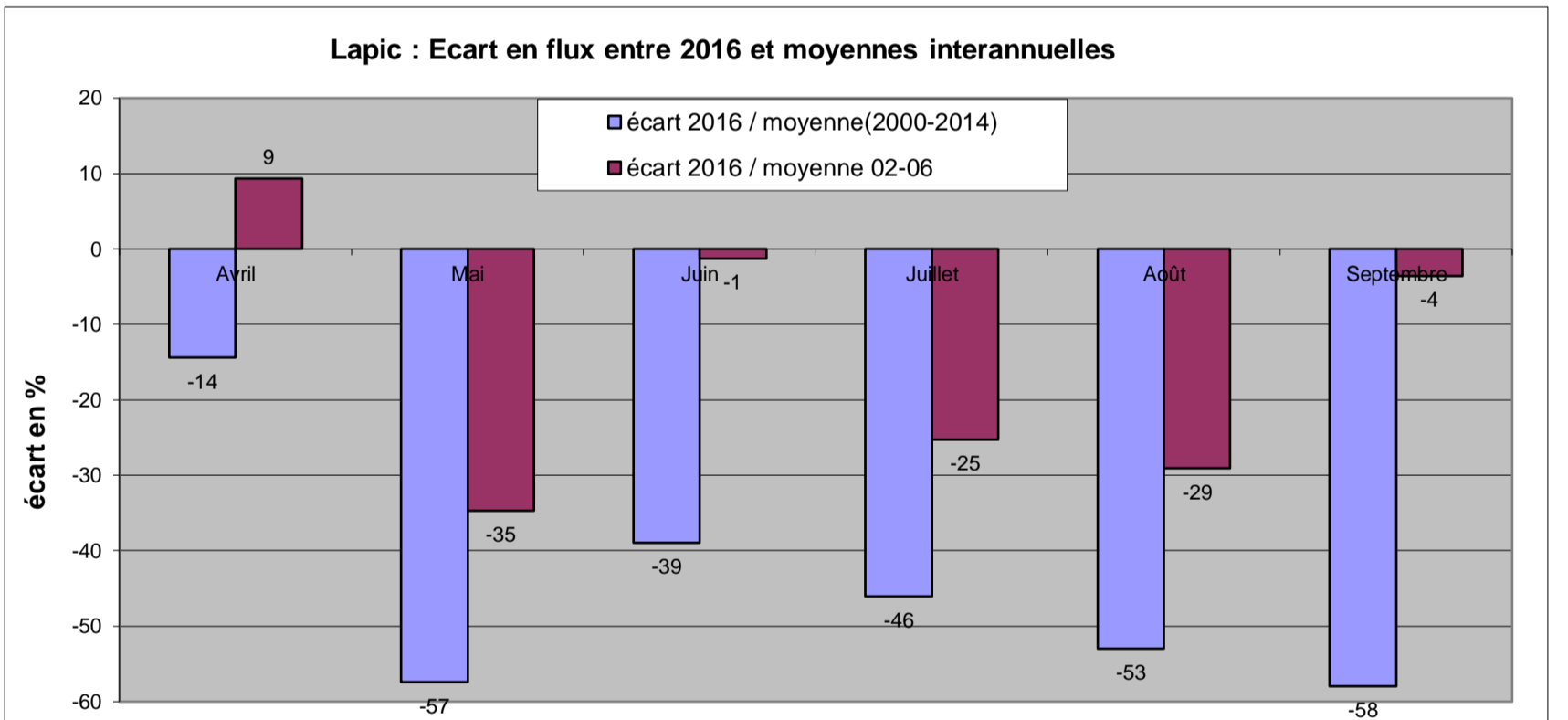
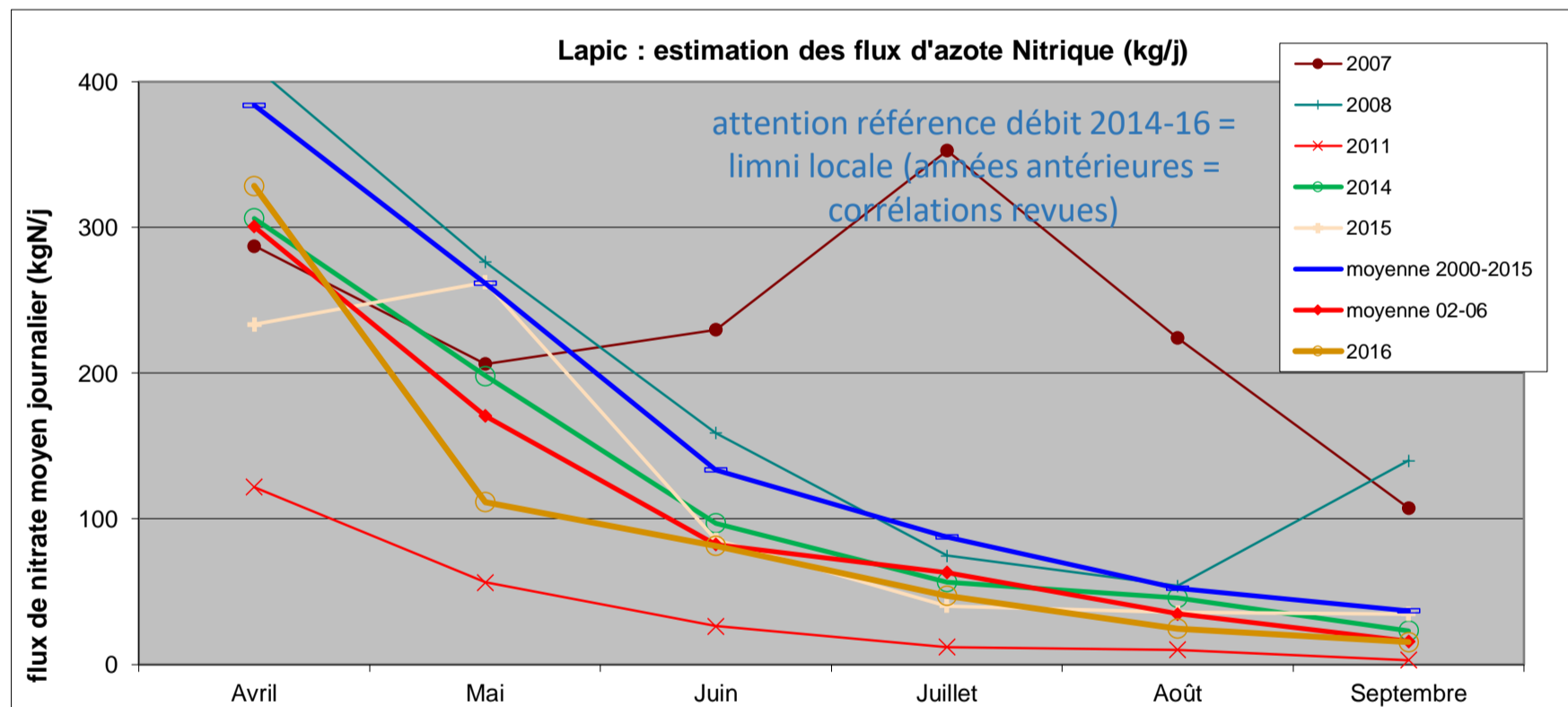
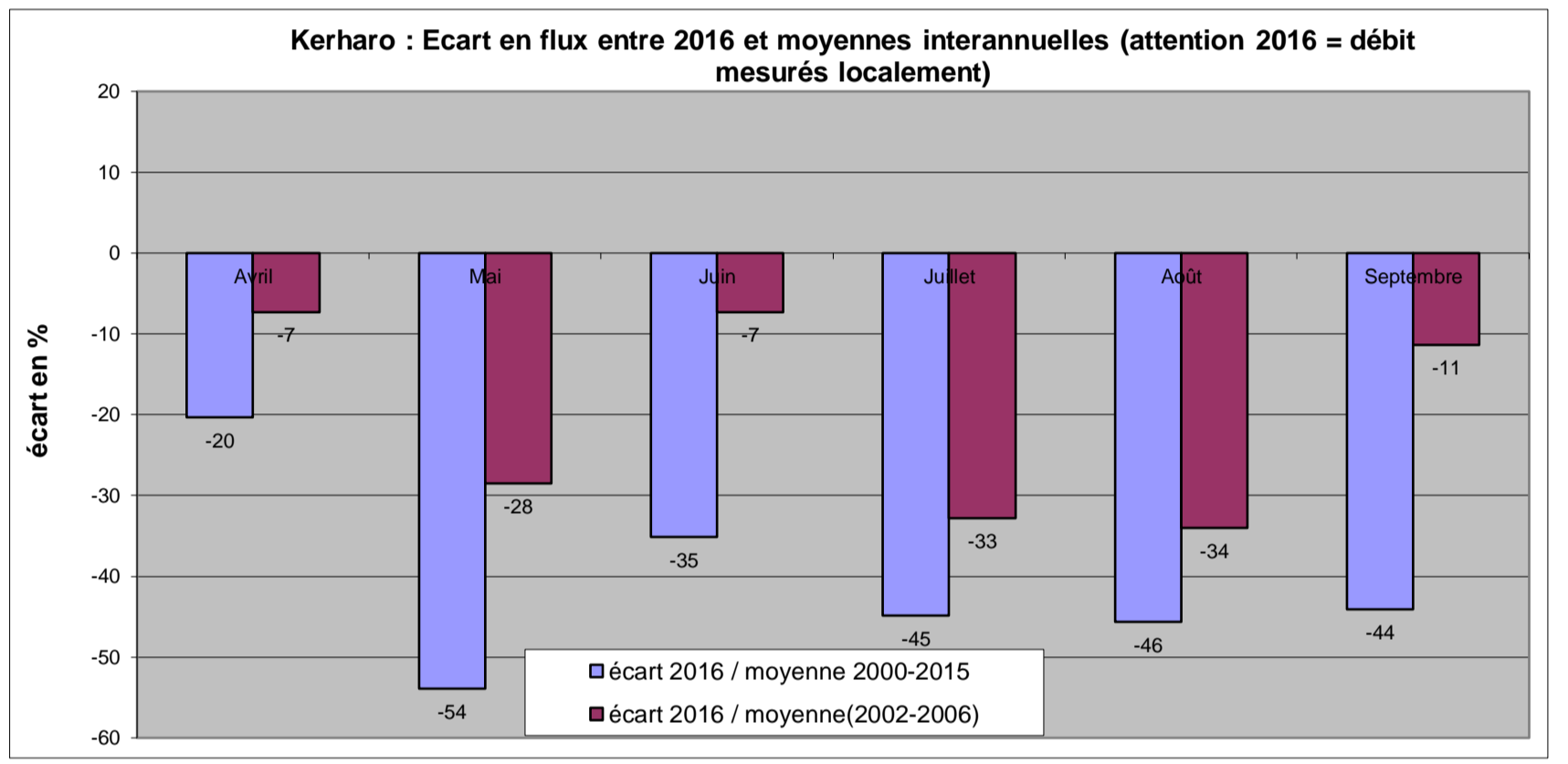
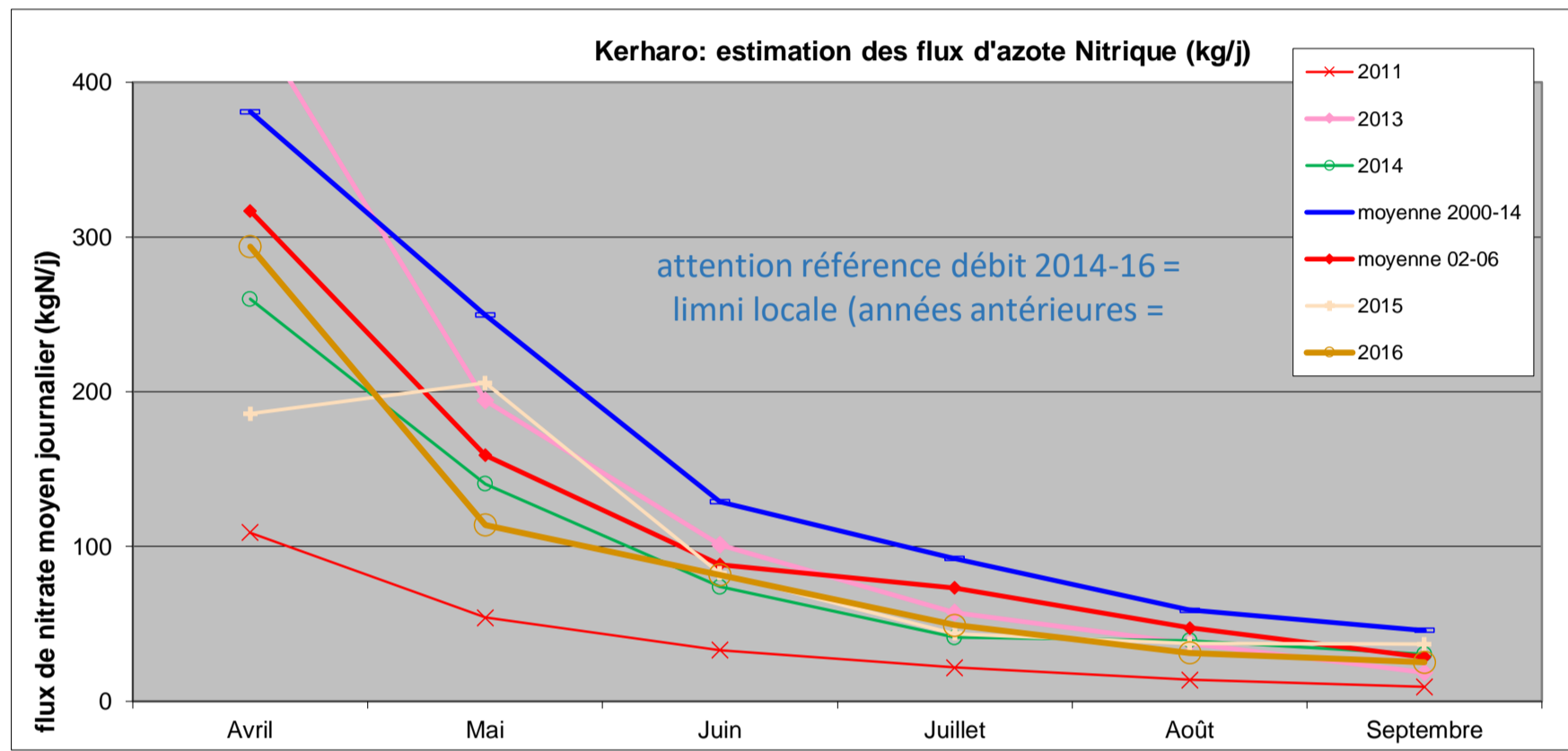
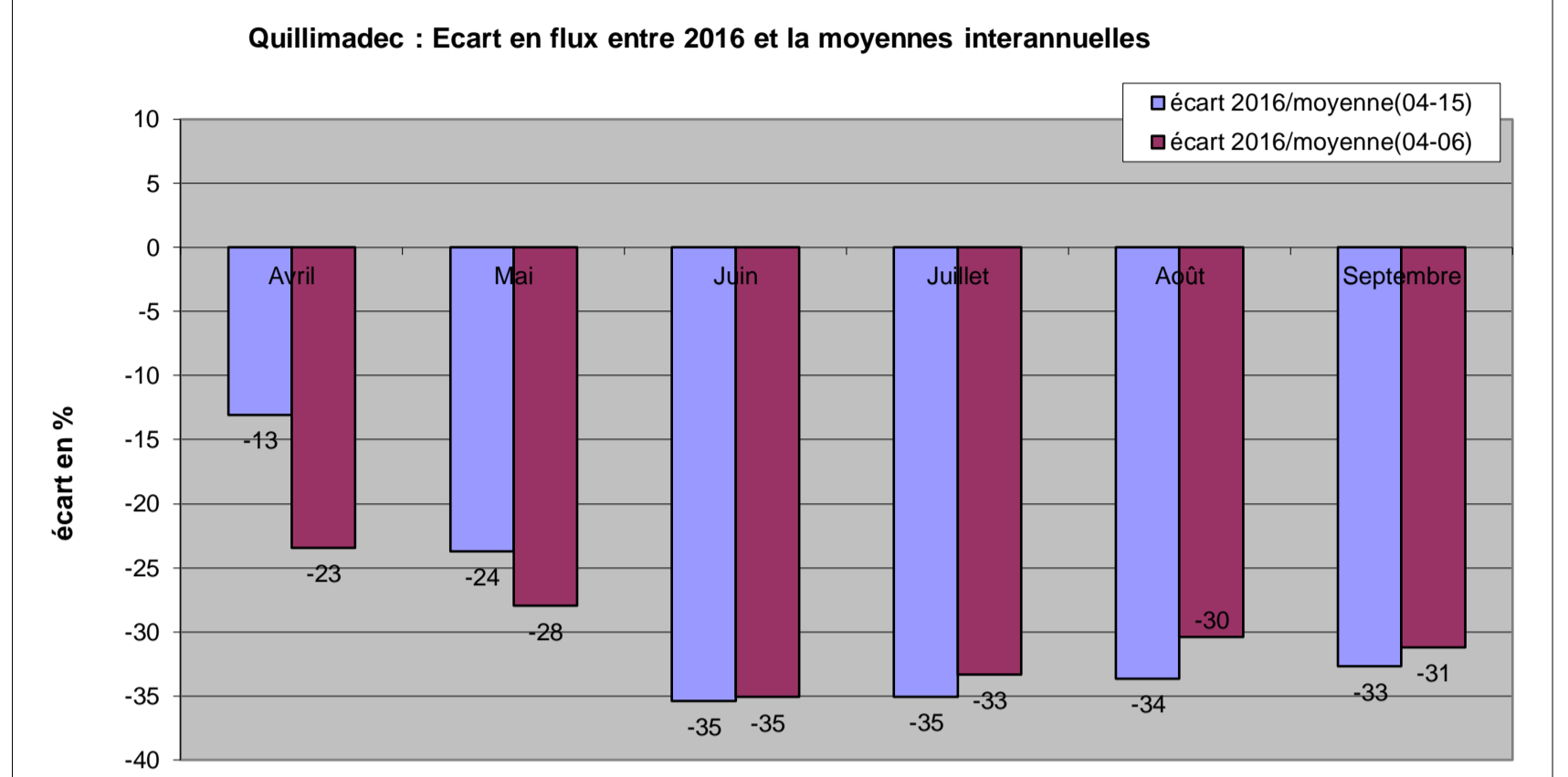
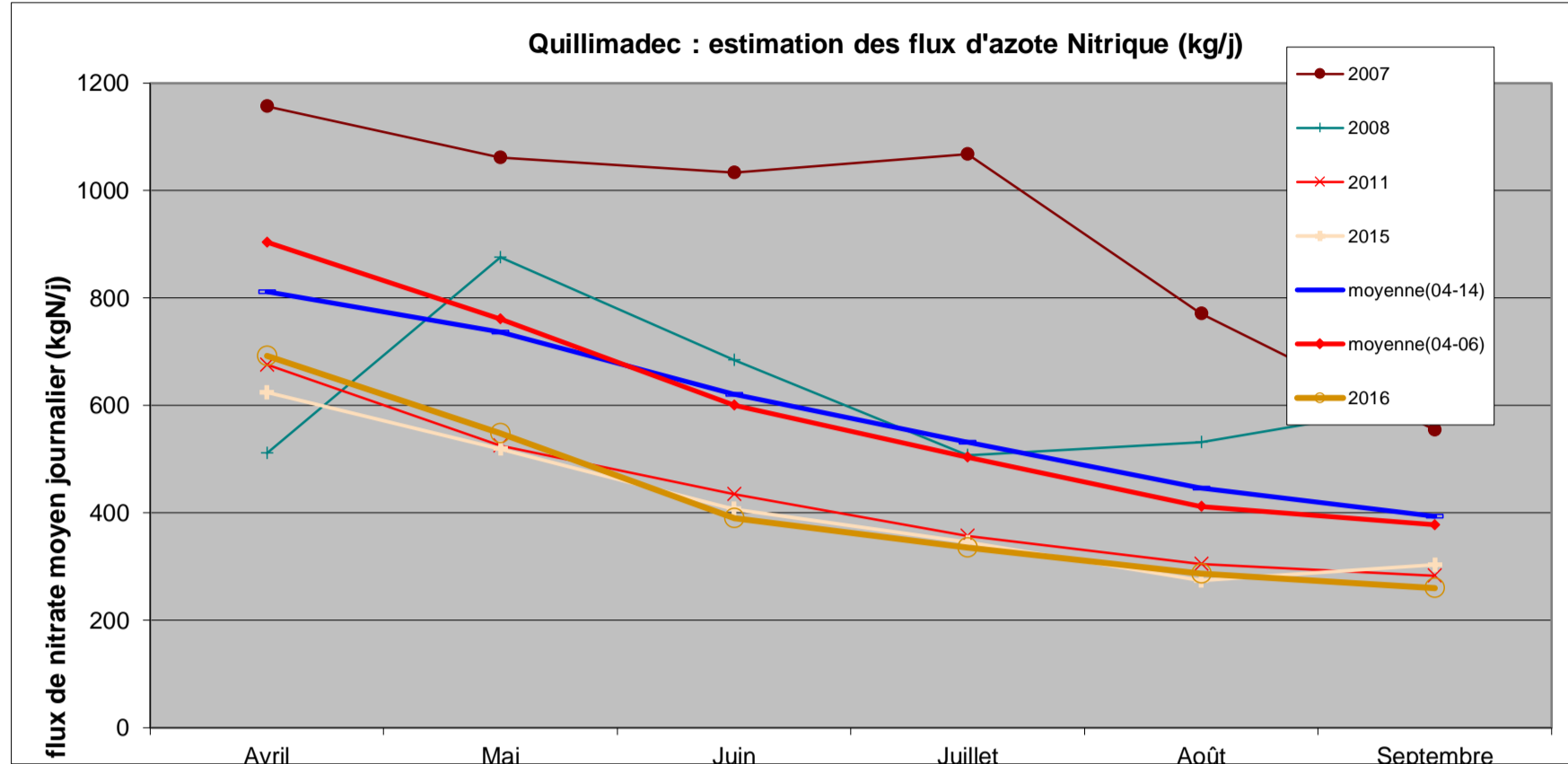
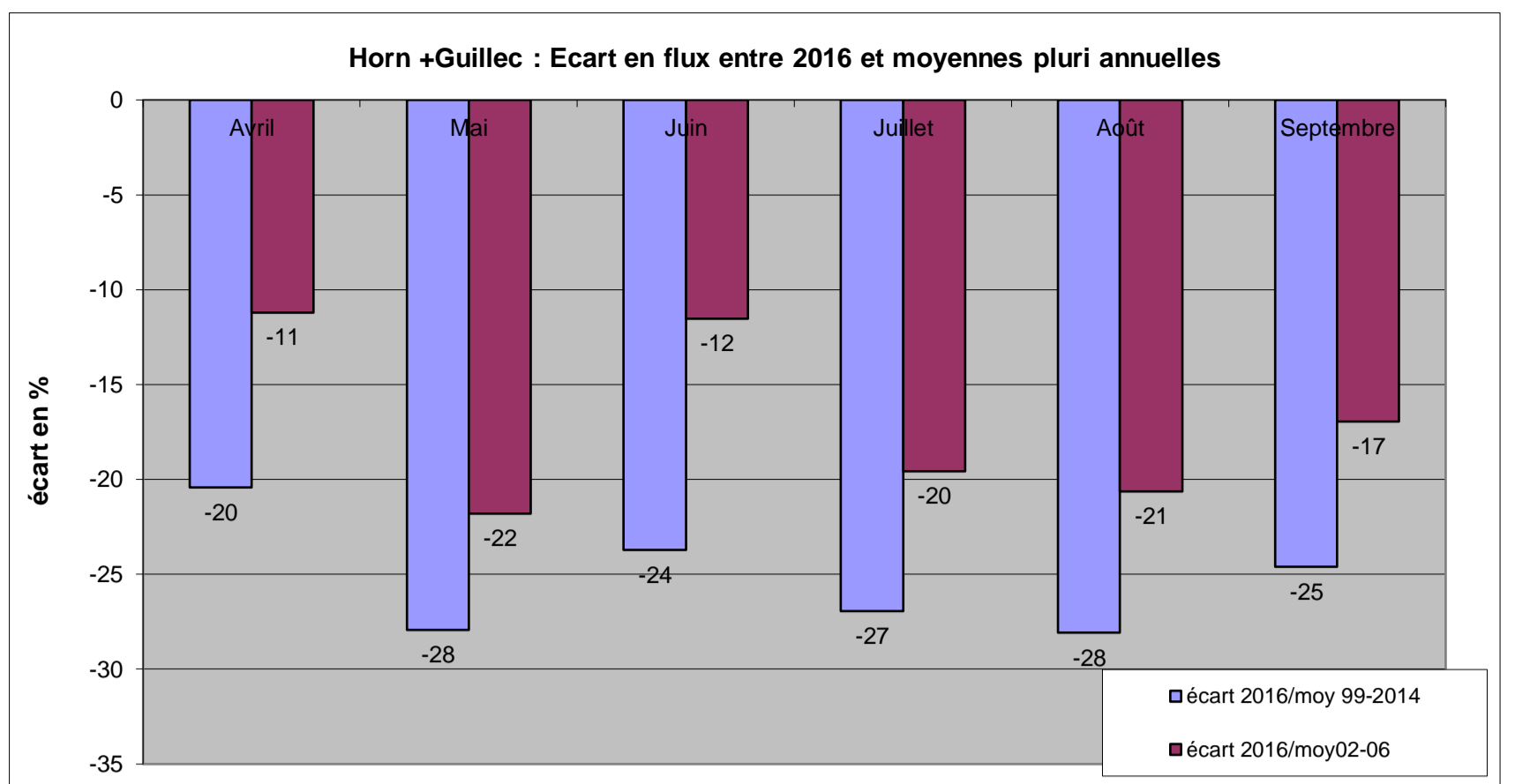
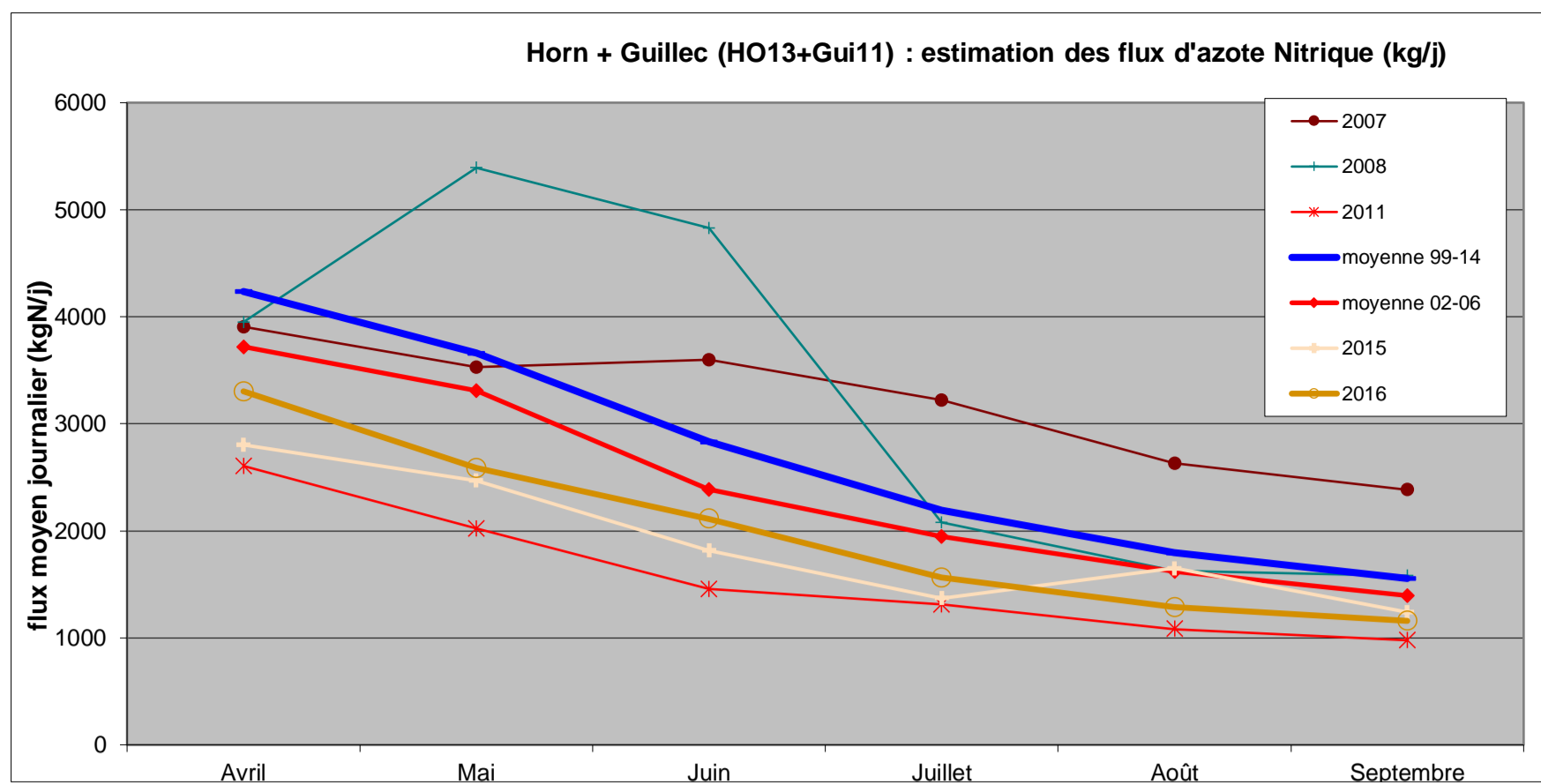
- 24 03 2016 : éléments de diagnostic de la situation sur Saint Malo pour les services techniques de la mairie en réponse à article de presse sur Saint Malo dans revue Technicité.
- 25 03 2016 : transmission pour la DREAL Bretagne des données brutes issues des suivis du CEVA et éléments de mise en garde et description de ces données.
- 21 06 2016 : sur demande du CD29 : actualisation du diagnostic de la situation sur les côtes finistériennes et fourniture des données brutes de surfaces mesurées pour mise à jour des cartographies de l'Atlas 29.
- 01 07 2016 : Situation prolifération AV Bretagne, moyens de lutte : Ouest France.

- 07 07 2016 : Comité Régional de Suivi à Rennes : présentation de l'évolution des proliférations à l'échelle de la Bretagne.
- 08 07 2016 : Les Inrocks : situation AV, évolution et moyens de lutte.
- 19 07 2016 : Le Trégor : évolution des proliférations d'ulves sur la région et cas particulier des sites trégorois.
- 21 07 2016 : Le Parisien : situation AV en Bretagne et moyens de lutte.
- 22 07 2016 : Ouest France Lorient : situation des proliférations sur les côtes morbihannaises.
- 25 07 2016 : Le Télégramme : situation sur Lorient et côtes morbihannaises.
- 17 08 2016 : Pour BMO : situation sur l'anse du Moulin Blanc.
- 19 08 2016 : Pour Sage Rance : éléments sur la situation sur la Rance, radeaux flottants et possibilité ramassage en système de vasières....
- 30 08 2016 : La Marin : situation AV et moyens de lutte.
- 31 08 2016 : Ouest France : situation AV Bretagne et moyens de lutte.
- 01 09 2016 : Ouest France : situation particulière de la baie de Douarnenez et présence en 2016 massive d'algues brunes filamenteuses.
- 08 09 2016 : Mairie de Plomodiern : présence algues brunes filamenteuses sur la commune : signification et ramassages à entreprendre.
- 14 09 2016 : Ouest France : situation AV en baie de la Forêt.
- 22 09 2016 : Le Figaro : situation AV en Bretagne et descriptions des risques sanitaires ponctuels.
- 23 09 2016 : DREAL : bilan des proliférations pour le PRSE.
- 12 10 2016 : BTSA Gemeau d'Amiens : marées vertes : problématiques, évolution moyen de lutte.
- 20 10 2016 : France 3 Bretagne : point sur la situation AV, évolutions, moyens de lutte...
- 22 11 2016 : à la demande du BV de l'Ic : point sur l'évolution sur les 15 dernières années du phénomène de prolifération sur l'anse de Binic + niveau régional.
- 25 11 2016 : intervention à Lorient dans le cadre du groupe de travail Marées vertes d'Eau et Rivières de Bretagne : méthodes de suivi des proliférations et grilles de classement DCE.
- 16 12 2016 : présentation en CLE du Sage Golfe du Morbihan Ria d'Etal de l'étude Ceva de modélisations des proliférations AV dans le golfe, sources responsables et objectifs à atteindre.
- 23 12 2016 : TPE algues (Hugo Lenouvel).
- 29 12 2016 et 04 01 2017 : France Inter : évolution AV, cas Gouessant, moyens de lutte.
- 12 01 2017 : Les Echos : proliférations, moyens de lutte.
- 26 01 2017 : entretien avec étudiants Agrocampus pour la rédaction d'un article sur les algues vertes et plan AV2
- 06 02 2017 : réunion Eau et Rivières de Bretagne (M. Dervieux et Néve) sur la transcription faite des données Ceva dans le cadre du projet « Big Data ». Positionnement du Ceva sur ces interprétations.
- 28 02 2017 : Saint Briec Agglo : éléments sur la précocité très forte attendue de la baie de Saint Briec. Préparation plus précoce des moyens de ramassage et observation du milieu.
- 14 03 2017 : demande des étudiants de l'école d'ingénieur à Polytech Nantes : sources d'AV, volume, qualité et possibilités de valorisation (méthanisation en premier lieu : atout/contraintes).

## ANNEXE 2

**DONNEES DE FLUX par bassin versant en 2016 et comparaison avec les années antérieures**





**ANNEXE 3**

**Liste Bibliographique**

- Adrien A, Bonnet A, Dufour D, Baudouin S, Maugard T, Bridiau N (2017) Pilot production of ulvans from *Ulva* sp and their effects on hyaluronan and collagen production in cultured dermal fibroblasts. *Carbohydrate Polymers* 157:1306–14
- Allanson BR, Human LRD, Claassens L (2016) Observations on the distribution and abundance of a green tide along an intertidal shore, Knysna Estuary. *SOUTH AFRICAN JOURNAL OF BOTANY* 107:49–54
- Bao M, Guan W, Yang Y, Cao Z, Chen Q (2015) Drifting trajectories of green algae in the western Yellow Sea during the spring and summer of 2012. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 163:9–16
- Barbot YN, Al-Ghaili H, Benz R (2016) A Review on the Valorization of Macroalgal Wastes for Biomethane Production. *Marine drugs* 14
- Ben Yahmed N, Jmel MA, Ben Alaya M, Bouallagui H, Marzouki MN, Smaali I (2016) A biorefinery concept using the green macroalgae *Chaetomorpha linum* for the coproduction of bioethanol and biogas. *Energy Conversion and Management* 119:257–65
- Coelho MS, Menezes BdS, Rivero Meza SL, Gianasi BL, Salas-Mellado MdM, Copertino M, Andrade Zimmermann de Souza MdR (2016) Potential Utilization of Green Tide-Forming Macroalgae from Patos Lagoon, Rio Grande-RS, Brazil. *JOURNAL OF AQUATIC FOOD PRODUCT TECHNOLOGY* 25:1096–106
- Cole AJ, Roberts DA, Garside AL, Nys R de, Paul NA (2016) Seaweed compost for agricultural crop production. *Journal of Applied Phycology* 28:629–42
- Cornish ML, Critchley AT, Mouritsen OG (2015) A role for dietary macroalgae in the amelioration of certain risk factors associated with cardiovascular disease. *Phycologia* 54:649–66
- Elizondo-Reyna E, Medina-Gonzalez R, Nieto-Lopez MG, Ortiz-Lopez R, Elizondo-Gonzalez R, Powell MS, Ricque-Marie D, Elizabeth Cruz-Suarez L (2016) Consumption of *Ulva clathrata* as a dietary supplement stimulates immune and lipid metabolism genes in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Applied Phycology* 28:3667–77
- Flindt MR, Rasmussen EK, Valdemarsen T, Erichsen A, Kaas H, Canal-Verges P (2016) Using a GIS-tool to evaluate potential eelgrass reestablishment in estuaries. *Ecological Modelling* 338:122–34
- Gao G, Zhong Z, Zhou X, Xu J (2016) Changes in morphological plasticity of *Ulva prolifera* under different environmental conditions: A laboratory experiment. *Harmful Algae* 59:51–58
- Grueneberg J, Engelen AH, Costa R, Wichard T (2016) Macroalgal Morphogenesis Induced by Waterborne Compounds and Bacteria in Coastal Seawater. *PLoS ONE* 11
- Hiraoka M, Higa M (2016) Novel distribution pattern between coexisting sexual and obligate asexual variants of the true estuarine macroalga *Ulva prolifera*. *Ecology and Evolution* 6:3658–71
- Holzinger A, Herburger K, Kaplan F, Lewis LA (2015) Desiccation tolerance in the chlorophyte green alga *Ulva compressa*: does cell wall architecture contribute to ecological success? *Planta* 242:477–92
- Hu C, Feng L, Hardy RF, Hochberg EJ (2015) Spectral and spatial requirements of remote measurements of pelagic *Sargassum* macroalgae. *Remote Sensing of Environment* 167:229–46
- Hu C, Murch B, Barnes B, Wang M, Maréchal J-P, Franks J, Johnson D, Lapointe B, Goodwin D, Schell J, Siuda A (2016) *Sargassum* Watch Warns of Incoming Seaweed. *Eos* 97
- Huo Y, Han H, Hua L, Wei Z, Yu K, Shi H, Kim JK, Yarish C, He P (2016) Tracing the origin of green macroalgal blooms based on the large scale spatio-temporal distribution of *Ulva*



- microscopic propagules and settled mature *Ulva* vegetative thalli in coastal regions of the Yellow Sea, China. *Harmful Algae* 59:91–99
- Jiang R, Linzon Y, Vitkin E, Yakhini Z, Chudnovsky A, Golberg A (2016) Thermochemical hydrolysis of macroalgae *Ulva* for biorefinery: Taguchi robust design method. *Scientific reports* 6
- Jung H, Kim J, Lee J, Hwang S, Lee C (2016) Biomethanation potential of marine macroalgal *Ulva* biomass in sequencing batch mode: Changes in process performance and microbial community structure over five cycles. *BIOMASS & BIOENERGY* 91:143–49
- Kang EJ, Kim J-H, Kim K, Kim KY (2016) Adaptations of a green tide forming *Ulva* linza (*Ulvophyceae*, *Chlorophyta*) to selected salinity and nutrients conditions mimicking representative environments in the Yellow Sea. *Phycologia* 55:210–18
- Kang EJ, Kim KY (2016) Effects of future climate conditions on photosynthesis and biochemical component of *Ulva pertusa* (*Chlorophyta*). *Algae* 31:49–59
- Kay LM, Eddy TD, Schmidt AL, Lotze HK (2016) Regional differences and linkage between canopy structure and community composition of rockweed habitats in Atlantic Canada. *Marine Biology* 163
- Keesing JK, Liu D, Shi Y, Wang Y (2016) Abiotic factors influencing biomass accumulation of green tide causing *Ulva* spp. on *Pyropia* culture rafts in the Yellow Sea, China. *Marine pollution bulletin* 105:88–97
- Kendel M, Wielgosz-Collin G, Bertrand S, Roussakis C, Bourgougnon N, Bedoux G (2015) Lipid Composition, Fatty Acids and Sterols in the Seaweeds *Ulva armoricana*, and *Solieria chordalis* from Brittany (France): An Analysis from Nutritional, Chemotaxonomic, and Antiproliferative Activity Perspectives. *Marine drugs* 13:5606–28
- Khan AM, Fatima N, Hussain MS, Yasmeen K (2016) Biodiesel production from green seaweed *Ulva fasciata* catalyzed by novel waste catalysts from Pakistan Steel Industry. *CHINESE JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING* 24:1080–86
- Korzen L, Pulidindi IN, Israel A, Abelson A, Gedanken A (2015) Marine integrated culture of carbohydrate rich *Ulva rigida* for enhanced production of bioethanol. *RSC Advances* 5:59251–56
- Lamprianidou F, Telfer T, Ross LG (2015) A model for optimization of the productivity and bioremediation efficiency of marine integrated multitrophic aquaculture. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 164:253–64
- Li S, Yu K, Huo Y, Zhang J, Wu H, Cai C, Liu Y, Shi D, He P (2016a) Effects of nitrogen and phosphorus enrichment on growth and photosynthetic assimilation of carbon in a green tide-forming species (*Ulva prolifera*) in the Yellow Sea. *Hydrobiologia* 776:161–71
- Li X, Titlyanov EA, ZHANG J, Titlyanova TV, Zhang G, Huang H (2016b) Macroalgal assemblage changes on coral reefs along a natural gradient from fish farms in southern Hainan Island. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 19:74–82
- Li Y, Cui J, Zhang G, Liu Z, Guan H, Hwang H, Aker WG, Wang P (2016c) Optimization study on the hydrogen peroxide pretreatment and production of bioethanol from seaweed *Ulva prolifera* biomass. *Bioresource Technology* 214:144–49
- Li Y, Huang H-j, Li H, Liu J, Yang W (2016d) Genetic diversity of *Ulva prolifera* population in Qingdao coastal water during the green algal blooms revealed by microsatellite. *Marine pollution bulletin* 111:237–46
- Liu X, Wang Z, Zhang X (2016) A review of the green tides in the Yellow Sea, China. *Marine Environmental Research* 119:189–96

- Marin O, Abaza V, Rosioru DM (2016) THE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE EVALUATION OF MACROALGAE FROM THE ROMANIAN BLACK SEA COAST - A POTENTIAL ECONOMIC RESOURCE FOR THE FUTURE. In: Xiao J, Zhang X, Gao C, JIANG M, LI R, Wang Z, Li Y, Fan S, Zhang X (eds) WATER RESOURCES, FOREST, MARINE AND OCEAN ECOSYSTEMS CONFERENCE PROCEEDINGS, SGEM 2016, VOL II, p 885–892
- Melton IJT, Collado-Vides L, Lopez-Bautista JM (2016) Molecular identification and nutrient analysis of the green tide species *Ulva ohnoi* M. Hiraoka & S. Shimada, 2004 (Ulvophyceae, Chlorophyta), a new report and likely nonnative species in the Gulf of Mexico and Atlantic Florida, USA. *Aquatic Invasions* 11:225–37
- Min B, Weibing G, Zongling W, Difeng W, Zhenyi C, Qi C (2015) Features of the physical environment associated with green tide in the southwestern Yellow Sea during spring. *Acta Oceanologica Sinica* 34:97–104
- Oczkowski A, Thornber CS, Markham EE, Rossi R, Ziegler A, Rinehart S (2015) Testing sample stability using four storage methods and the macroalgae *Ulva* and *Gracilaria*. *Limnology and Oceanography-Methods* 13:9–14
- Paez-Osuna F, Sanchez-Cabeza JA, Ruiz-Fernandez AC, Alonso-Rodriguez R, Pinon-Gimate A, Cardoso-Mohedano JG, Flores-Verdugo FJ, Carballo JL, Cisneros-Mata MA, Alvarez-Borrego S (2016) Environmental status of the Gulf of California: A review of responses to climate change and climate variability. *Earth-Science Reviews* 162:253–68
- Paiva L, Lima E, Neto AI, Marcone M, Baptista J (2016) Health-promoting ingredients from four selected Azorean macroalgae. *FOOD RESEARCH INTERNATIONAL* 89:432–38
- Pallaoro MF, Vieira FdN, Hayashi L (2016) *Ulva lactuca* (Chlorophyta Ulvales) as co-feed for Pacific white shrimp. *Journal of Applied Phycology* 28:3659–65
- Pinteus S, Silva J, Alves C, Horta A, Fino N, Rodrigues AI, Mendes S, Pedrosa R (2017) Cytoprotective effect of seaweeds with high antioxidant activity from the Peniche coast (Portugal). *FOOD CHEMISTRY* 218:591–99
- Pirian K, Piri K, Sohrabipour J, Jahromi ST, Blomster J (2016) Nutritional and phytochemical evaluation of the common green algae, *Ulva* spp. (Ulvophyceae), from the Persian Gulf. *Fundamental and Applied Limnology* 188:315–27
- Qi L, Hu C, Xing Q, Shang S (2016) Long-term trend of *Ulva prolifera* blooms in the western Yellow Sea. *Harmful Algae* 58:35–44
- Ruiz-Ruiz TM, Arreola-Lizarraga JA, Morquecho L, Mendoza-Salgado RA, Martinez-Lopez A, Mendez-Rodriguez LC, Enriquez-Flores J (2016) Assessment of eutrophication in a subtropical lagoon in the Gulf of California. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 19:382–92
- Wan AHL, Wilkes RJ, Heesch S, Bermejo R, Johnson MP, Morrison L (2017) Assessment and Characterisation of Ireland's Green Tides (*Ulva* Species). *PLoS ONE* 12
- Wang H, Lin A, Gu W, Huan L, Gao S, Wang G (2016a) The sporulation of the green alga *Ulva prolifera* is controlled by changes in photosynthetic electron transport chain. *Scientific reports* 6
- Wang Y, Qu T, Zhao X, Tang X, Xiao H, Tang X (2016b) A comparative study of the photosynthetic capacity in two green tide macroalgae using chlorophyll fluorescence. *SPRINGERPLUS* 5
- Xiangqing L, Zongling W, Shiliang F, Xuelei Z, Ruixiang L, Yan L (2017) The distribution of green algal micro-propagules and macroalgae at the early stage of green tide in the coastal area of South Jiangsu Province in 2014. *Journal of Ocean University of China* 16:81–86

- Xiao J, Zhang X, Gao C, JIANG M, LI R, Wang Z, Li Y, Fan S, Zhang X (2016) WATER RESOURCES, FOREST, MARINE AND OCEAN ECOSYSTEMS CONFERENCE PROCEEDINGS, SGEM 2016, VOL II
- Xing Q, Hu C (2016) Mapping macroalgal blooms in the Yellow Sea and East China Sea using HJ-1 and Landsat data: Application of a virtual baseline reflectance height technique. *Remote Sensing of Environment* 178:113–26
- Xu Q, Zhang H, Cheng Y (2016a) Multi-sensor monitoring of *Ulva prolifera* blooms in the Yellow Sea using different methods. *FRONTIERS OF EARTH SCIENCE* 10:378–88
- Xu Q, Zhang H, Cheng Y, Zhang S, Zhang W (2016b) Monitoring and Tracking the Green Tide in the Yellow Sea With Satellite Imagery and Trajectory Model. *IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING* 9:5172–81
- Yan L, Jie X, Lanping D, Zongling W, Wei S, Song F, Shiliang F, Ruixiang L, Xuelei Z (2015) Community structure and controlled factor of attached green algae on the *Porphyra yezoensis* aquaculture rafts in the Subei Shoal, China. *Acta Oceanologica Sinica* 34:93–99
- Ying W, Xinyu Z, Xuexi T (2016) Antioxidant system responses in two co-occurring green-tide algae under stress conditions. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 34:102–08
- Ying-ying S, Hui W, Gan-lin G, Yin-fang P, Bin-lun Y, Chang-hai W (2015) Green alga *Ulva pertusa* – a new source of bioactive compounds with antialgal activity. *Environmental Science and Pollution Research* 22:10351–59
- Zhao X, Tang X, Zhang H, Qu T, Wang Y (2016) Photosynthetic adaptation strategy of *Ulva prolifera* floating on the sea surface to environmental changes. *Plant Physiology and Biochemistry* 107:116–25
- Zhu M, Liu Z, Shao H, Jin Y (2016) Effects of nitrogen and phosphate enrichment on the activity of nitrate reductase of *Ulva prolifera* in coastal zone. *ACTA PHYSIOLOGIAE PLANTARUM* 38