



ESCo Eutrophisation : Manifestations, causes, conséquences et prédictibilité

Colloque de restitution, Paris, 19 septembre 2017

Equipe projet : Gilles Pinay, Chantal Gascuel, Alain Ménesguen, Yves Souchon, Morgane Le Moal
Avec l'intervention de Claire Etrillard, Jean-Marc Douguet et Alix Levain





Introduction

- Eutrophisation : « du vin nouveau dans une vieille bouteille »
- Un problème aux conséquences multiformes (« wicked problem »)
- Nécessite d'être abordé tout le long du continuum terre – mer
- Requiert une approche interdisciplinaire



Plan de la présentation

Principes d'une ESCo et méthodologie

Qu'est-ce que l'eutrophisation ? Pourquoi et comment survient-elle ?

Quelle est l'évolution de l'eutrophisation ?

Quel est le cadre réglementaire existant ?

Sur quels indicateurs s'appuyer pour caractériser l'eutrophisation ?

Peut-on et comment caractériser et prédire les risques d'eutrophisation ?

Quelles sont les stratégies de lutte contre l'eutrophisation ?

Les pistes d'investigation futures



Principes d'une ESCo

et méthodologie



Principes d'une Expertise Scientifique Collective (ESCo)

Triple objectif :

- Donner un éclairage scientifique et technique sur des questions faisant l'objet de politiques publiques
- Apporter la contribution de la recherche au débat public
- Identifier les manques sur l'activité de recherche

Charte nationale de l'expertise (2009) :

- **Compétence, pluralité et impartialité** du collectif d'experts
- **Transparence** de la démarche



Qu'est-ce qu'une Expertise scientifique collective (ESCo)?

Un état des connaissances académiques publiées

- o Analyse exhaustive de la littérature : acquis, incertitudes, lacunes, controverses
- o Pas de « dire d'expert », pas de création de données

... réalisé par un collectif d'experts

- o Qualifiés par leurs publications (principe de compétence)
- o Renseignant une charte de déontologie et de déclaration de liens d'intérêts (principe d'impartialité)

... dont les résultats sont diffusés largement

- o 3 livrables (rapport, synthèse, résumé),
- o 1 colloque de restitution public,
- o Des communications presses, des articles scientifiques, etc.



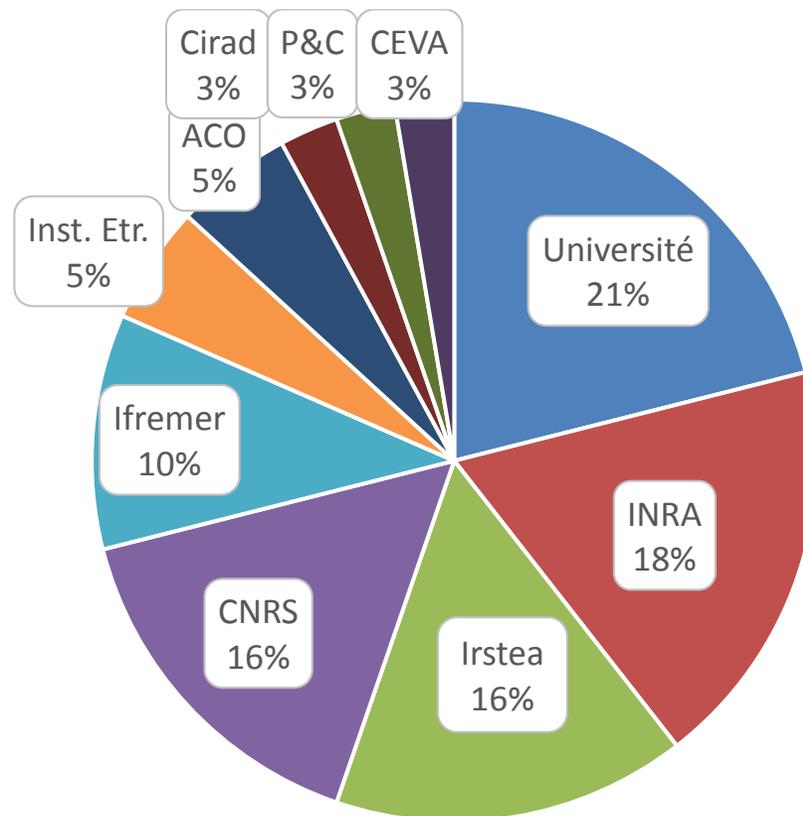
Le collectif de l'ESCo Eutrophisation

Equipe projet :

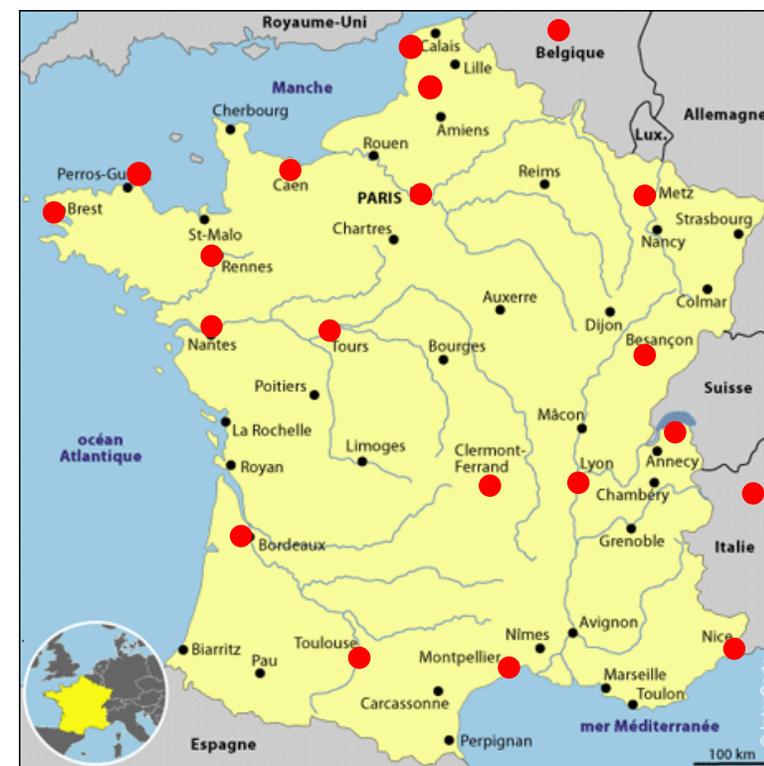
4 pilotes scientifiques,
1 coordinatrice,
5 documentalistes

Groupe d'experts :

39 scientifiques d'origines
géographiques et
institutionnelles diverses et
aux compétences
complémentaires
(principe de pluralité)

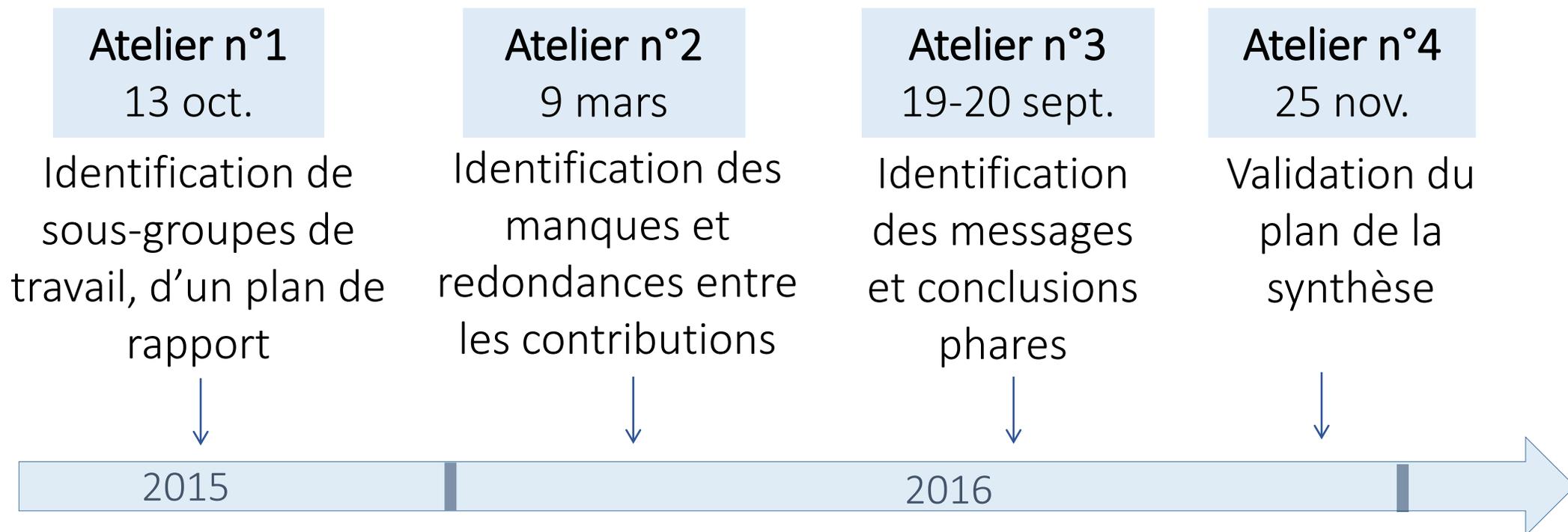


Ratio Femme/Homme = 47 %





Un projet rythmé par la tenue de 4 grands ateliers





8 groupes de travail

I. Définitions

4 experts

II. Cadre réglementaire

2 experts

III. Surveillance, indicateurs et trajectoires

8 experts

IV. Mécanismes et conséquences

9 experts

V. Modélisations, analyses prédictives

7 experts

VI. Evaluations environnementales des activités humaines

4 experts

VII. Instruments économiques

3 experts

VIII. Dimensions sociologiques

4 experts



Méthode de travail traçable et reproductible

(principe de transparence)

WEB OF SCIENCE™  **THOMSON REUTERS™**

Basic Search 

 **Topic** 

OR   **Topic** 

[+ Add Another Field](#) | [Reset Form](#)

→ Recherche d'articles dans plus de 10 000 périodiques



Méthode de travail

1. Identification de mots clés

	Nb articles
TS = (eutrophic*)	29 188
TS = (eutrophic* OR (nutrient AND increase))	123 443
TS = (nutrient* OR nitr* OR phosph*)	2 748 295

2. Combinaison de ces mots-clés entre eux

Exemple : modélisation des transferts diffus de nutriments dans les bassins versants:

TI = ((catchment* OR watershed* OR basin*) AND (model* OR simulat*) AND ((nutrient* OR nitr* OR phosph*) OR (diffuse OR "non point source*")) NEAR (pollut* OR transfer* OR deliver*)) = 588 articles

3. Etape de tri si corpus trop importants

Corpus bibliographique total : ~ 4000 références



Confrontation des résultats de l'expertise devant 12 scientifiques de renommée internationale



International Workshop on Eutrophication
2017, April 18 - 20



Connexion

<https://eutrophication.sciencesconf.org/>

NAVIGATION

[Accueil](#)

[Plan d'accès](#)

[Presentations](#)

SUPPORT

[@ Contact](#)

PRESENTATIONS

Download the workshop presentations :

[Vinçon-Leite Brigitte](#)

[Viaroli Pierluigi](#)

[Sabater Sergi](#)

[Romstad Eirik](#)

[Reddy Ramesh](#)

[Rabalais Nancy](#)

[Mitsch Bill](#)

[Menesguen Alain](#)

[Jeppesen Erik](#)

[Jarvie Helen](#)

[Gross Elisabeth-Maria](#)

[Gould Kenneth](#)

[Ekholm Petri](#)

[Alexander Richard](#)

[Alix Levain](#)

[Pascal Claquin](#)

[Patrick Durand](#)

[Jean-Marie Lescot](#)



Qu'est-ce que l'eutrophisation ?

Pourquoi et comment survient-elle ?



Quelles sont les manifestations de l'eutrophisation?

2 symptômes quantitatifs universels:

- Accumulation de biomasse végétale => « engorgement » du réseau trophique
- Diminution de l'oxygène dissous au fond => zones mortes

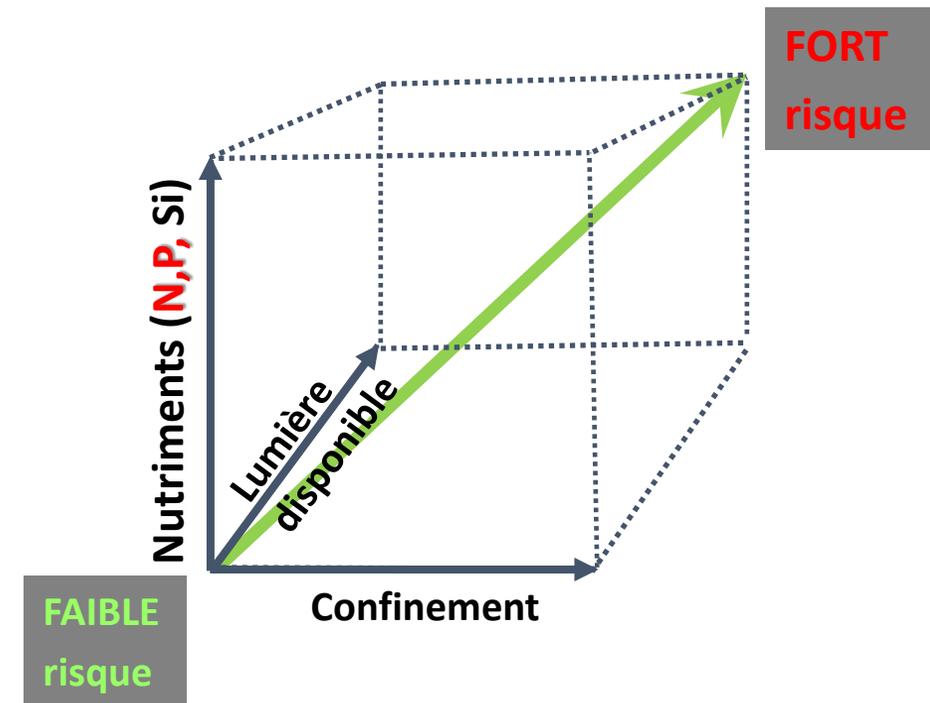
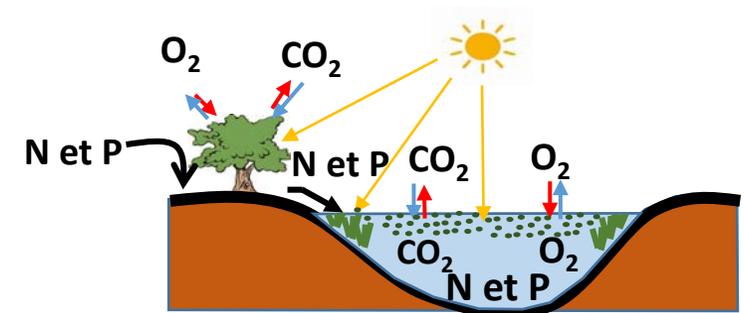
2 symptômes qualitatifs variables selon les sites:

- Modification et diminution de la biodiversité
- Stimulation de la toxicité de certaines espèces :
 - Certaines cyanobactéries en eau douce
 - Quelques espèces de dinoflagellés ou de diatomées en eau marine
 - Dégagement d' H_2S par décomposition anaérobie d'ulvacées riches en sulfates
- Modulation par les éléments nutritifs : lequel est limitant? Quel rapport entre eux?



Quels sont les facteurs favorables à l'eutrophisation ?

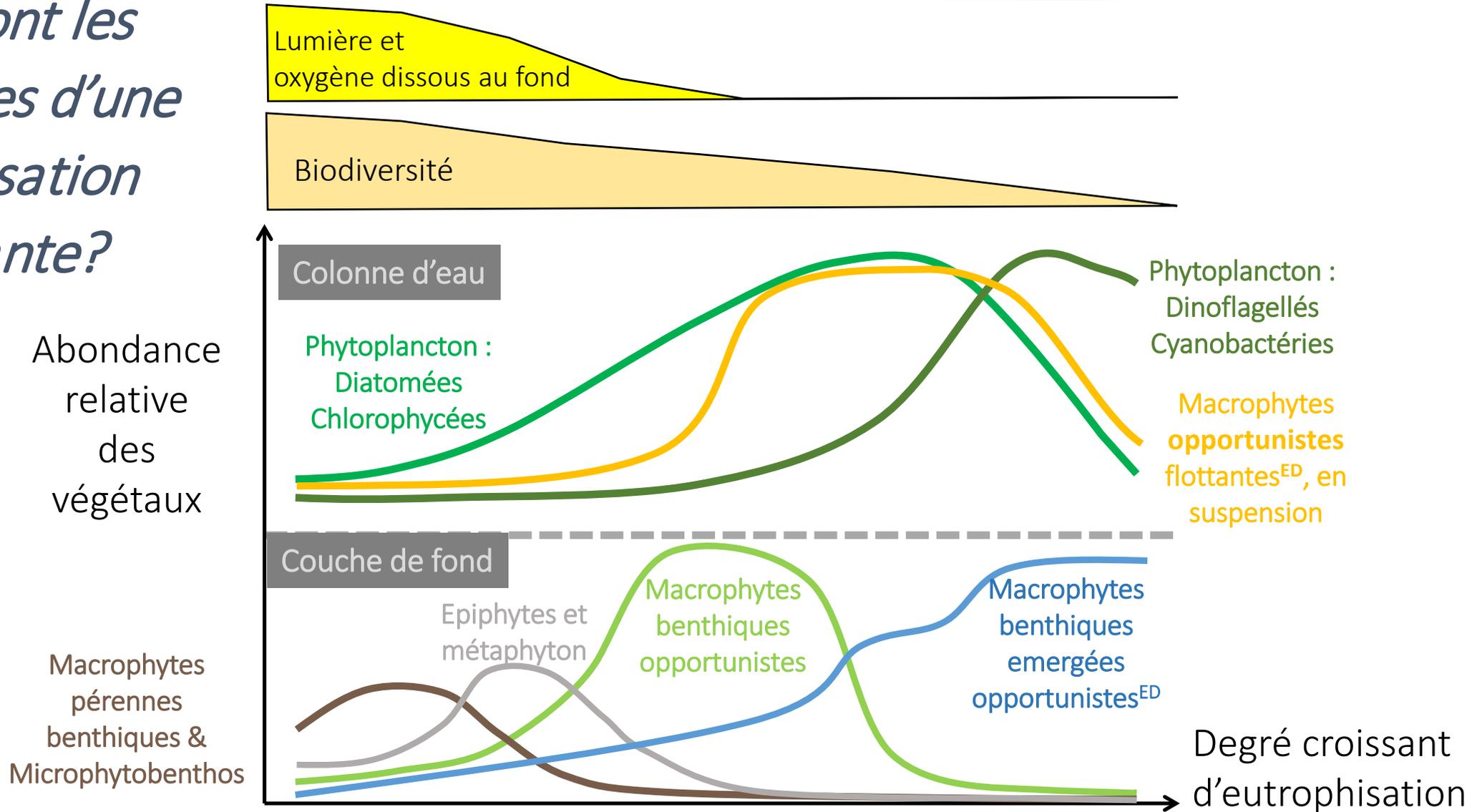
- ✓ Long temps de résidence de l'eau
- ✓ Eclairement important de la couche d'eau
- ✓ **Apport important de nutriments**
- ✓ Température élevée





Concentration en nutriments:
N et P en eau douce, N et P en mer

Quels sont les symptômes d'une eutrophisation croissante?





Comment la littérature scientifique définit-elle l'eutrophisation ?

173 définitions de l'eutrophisation issues de :

- publications scientifiques
- rapports d'experts pour des agences nationales et organismes internationaux

Eutrophisation « naturelle » :

- accumulation lente de matières organiques dans les lacs
- remontée soudaine massive de nutriments profonds à la surface océanique

Eutrophisation « anthropique » :

- apports massifs de nutriments par les activités humaines

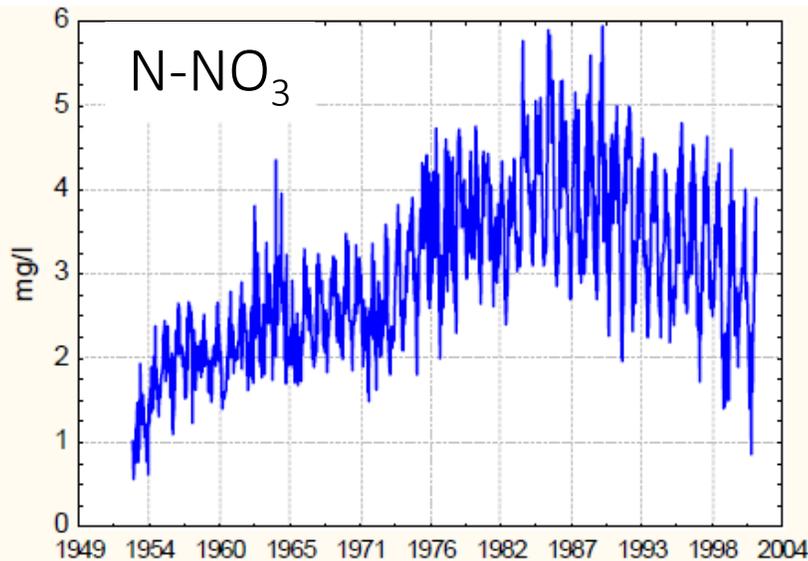
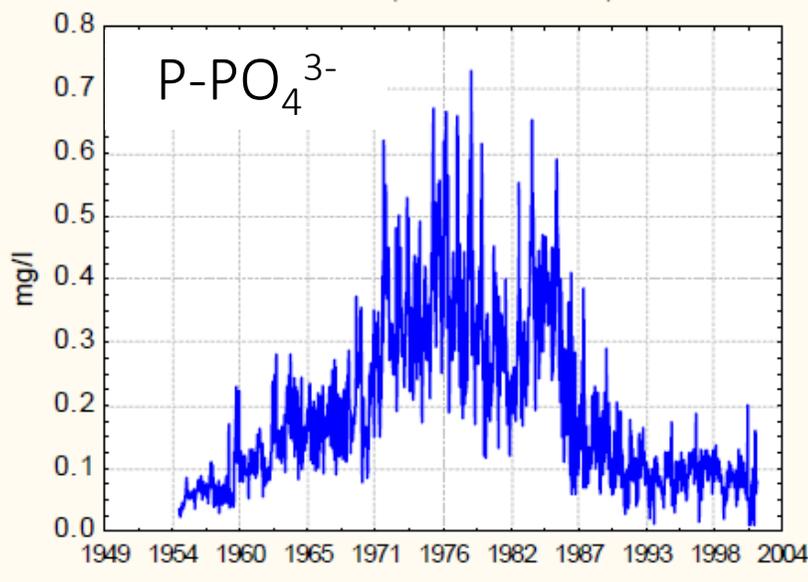
Définition proposée: *Syndrome d'un écosystème aquatique associé à la surproduction de matières organiques induit par des apports anthropiques en phosphore et en azote*



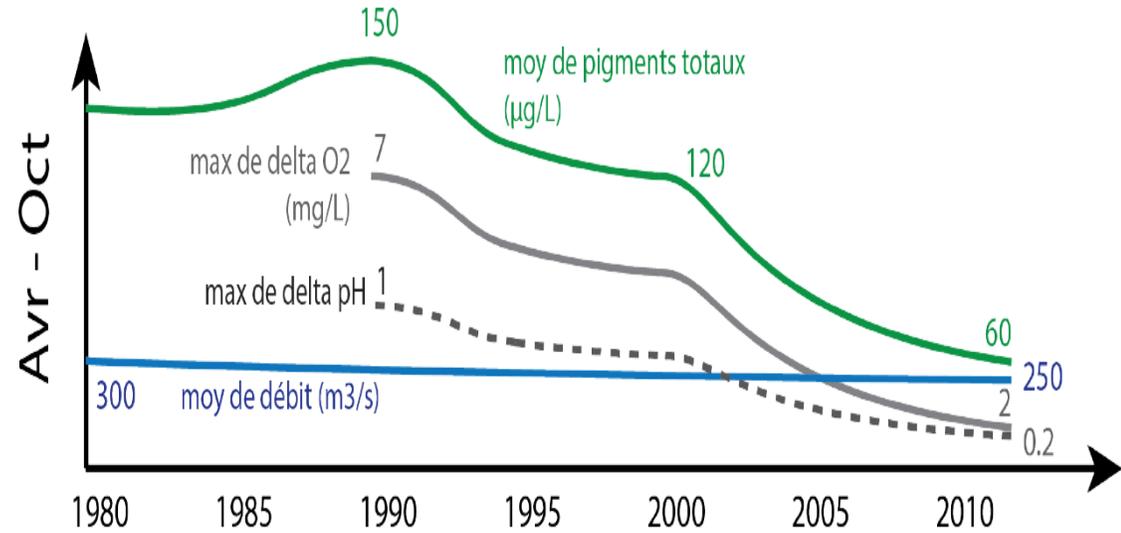
L'évolution de l'eutrophisation

Des observations de long terme sur des sites emblématiques
Des petits systèmes orphelins

Rhin



Loire Moyenne



Après une phase d'augmentation, des signes d'amélioration

- Plus nettement sur P que sur N
- Sur certaines manifestations d'eutrophisation

Sur les eaux douces, mais peu sur les eaux littorales



Dès début XX^e : eutrophisation à proximité des grandes aires urbaines et industrielles des pays industrialisés de l'hémisphère nord

3 grandes périodes :

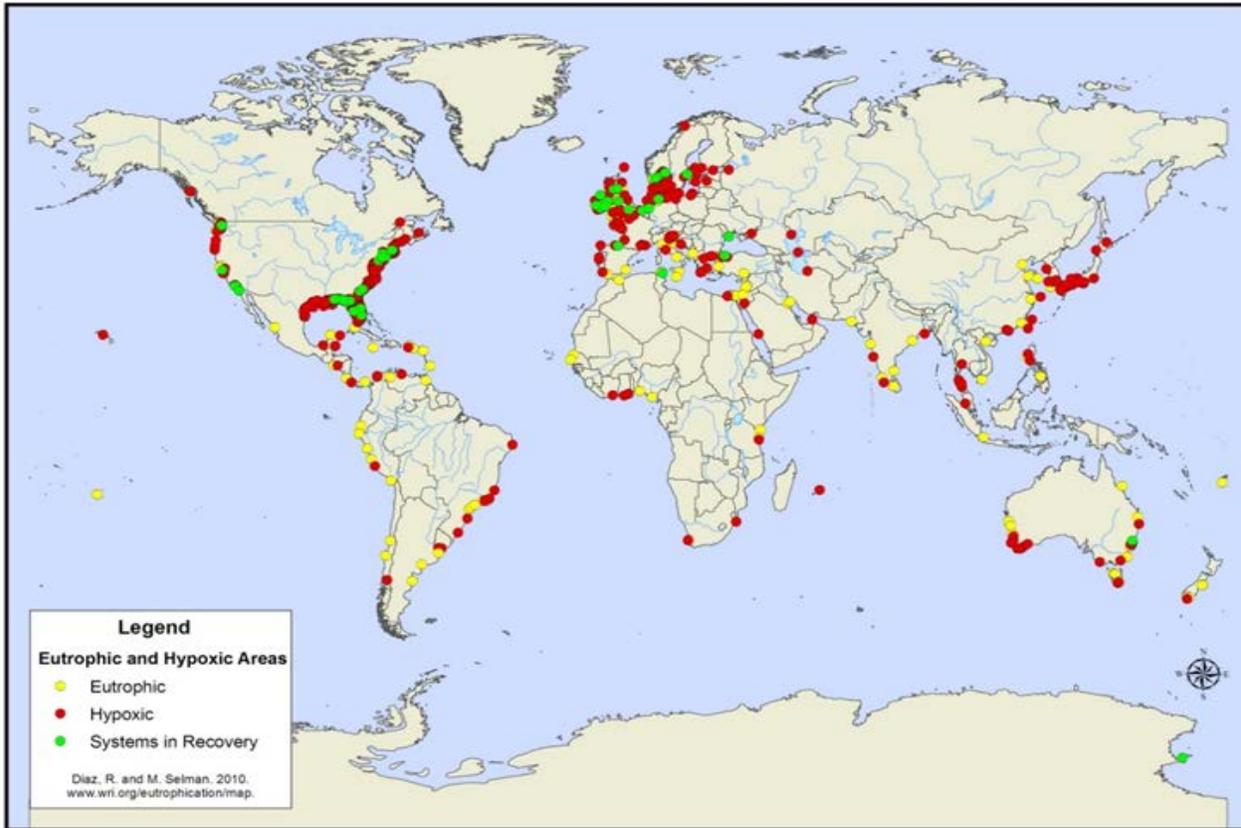
- 1970-1990 : traitement des pollutions industrielles et domestiques ; diminution progressive de certains phénomènes
- 1990 - : nouvelle vague mondiale d'eutrophisation : mer Baltique, baie de Chesapeake, golfe du Mexique, côtes bretonnes, lagunes méditerranéennes, grands lacs Laurentiens, lacs et zones côtières en Chine, lac Victoria, etc...
- Fin XX^e : début d'une focalisation sur les pollutions diffuses d'origine agricole



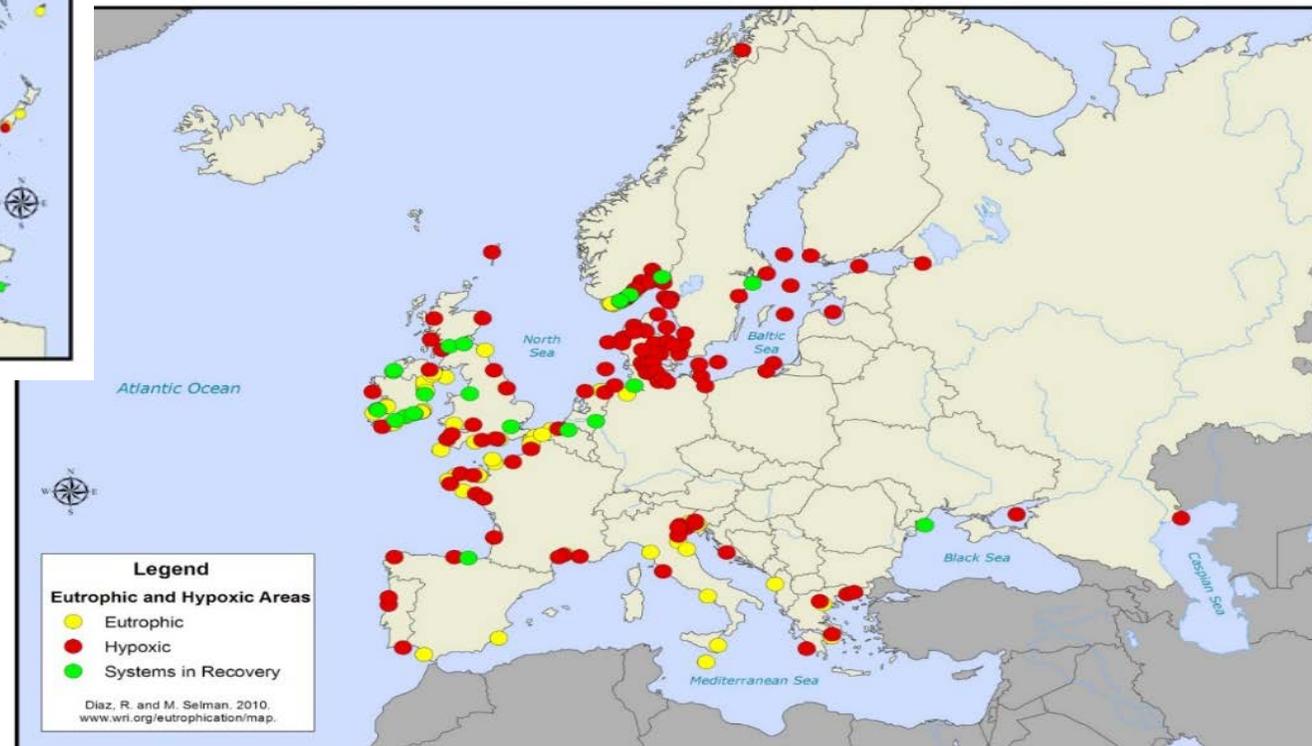
Domaine côtier et marin

En 2010 :

- 500 zones hypoxiques et anoxiques (X3 depuis 1960)
- augmentation de la diversité, de la fréquence, de l'importance et de l'extension géographique des proliférations de microalgues toxiques

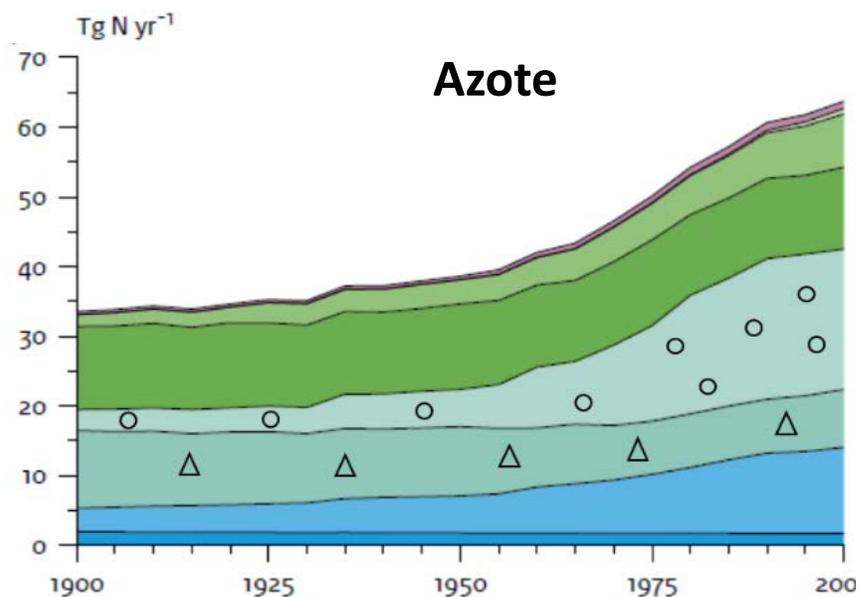


Une dynamique générique mais à des stades très différents selon les régions du monde

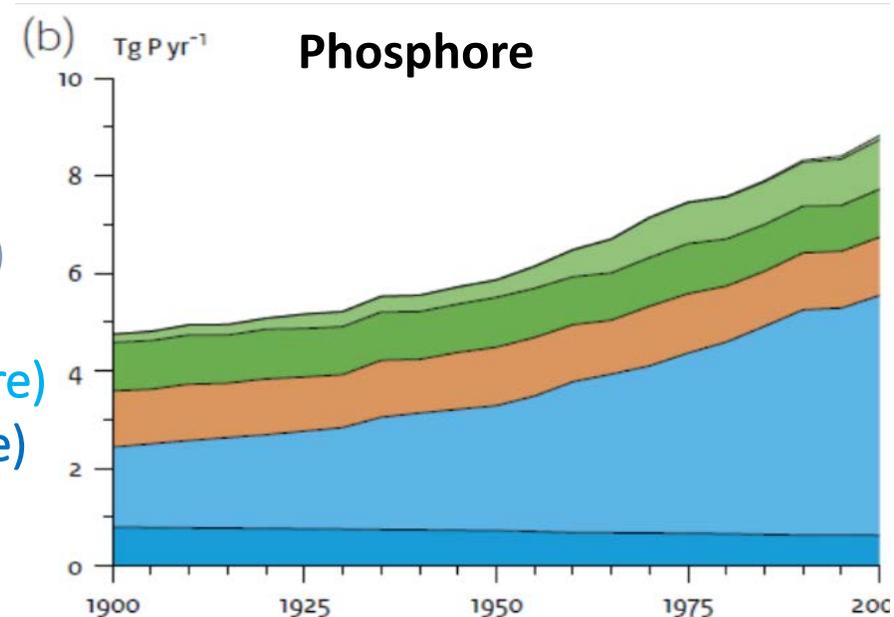




La modélisation permet d'identifier les sources des émissions de N et P à la mer



Eaux usées
 Végétation des zones inondables
 o - Eaux souterraines (agriculture)
 Δ - Eaux souterraines (naturelles)
 Ruissellement de surface (agriculture)
 Ruissellement de surface (naturelle)
 Altération de la roche



Beusen et al., 2016

- Flux sortants à la mer ont **doublé** au cours du XX^e siècle à l'échelle mondiale
 De 34 à 64 Tg N/an. De 5 à 9 Tg P/an
- Contribution de l'agriculture : de 20 à 50 % pour N, de 35 à 55 % pour P



Cadre réglementaire existant



Depuis la prise de conscience des années 1970, plusieurs traités internationaux et directives européennes destinés notamment à lutter contre l'eutrophisation

Des traités internationaux destinés à protéger les milieux marins:

- des dispositions concernant la mer Baltique : Helsinki, 1974
- des dispositions relatives aux eaux de l'Atlantique du Nord-Est : Paris, 1974 ; OSPAR, 1992
- Des dispositions spécifiques pour la Méditerranée : Barcelone, 1976

+ des traités internationaux relatifs à la pollution atmosphérique (MARPOL, 1973 ; Genève, 1979)



Depuis la prise de conscience des années 1970, plusieurs traités internationaux et directives européennes destinés notamment à lutter contre l'eutrophisation

Des directives européennes abordant l'eutrophisation aquatique:

- deux directives « usages » des années 1990 :
 - Directive relative au traitement des eaux résiduaires urbaines (DERU, 1991)
 - Directive pour la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole (dir. Nitrates, 1991)
- deux directives « bon état écologique » des années 2000 :
 - Directive cadre sur l'eau (DCE, 2000)
 - Directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM, 2008)

+ des directives relatives à la pollution atmosphérique

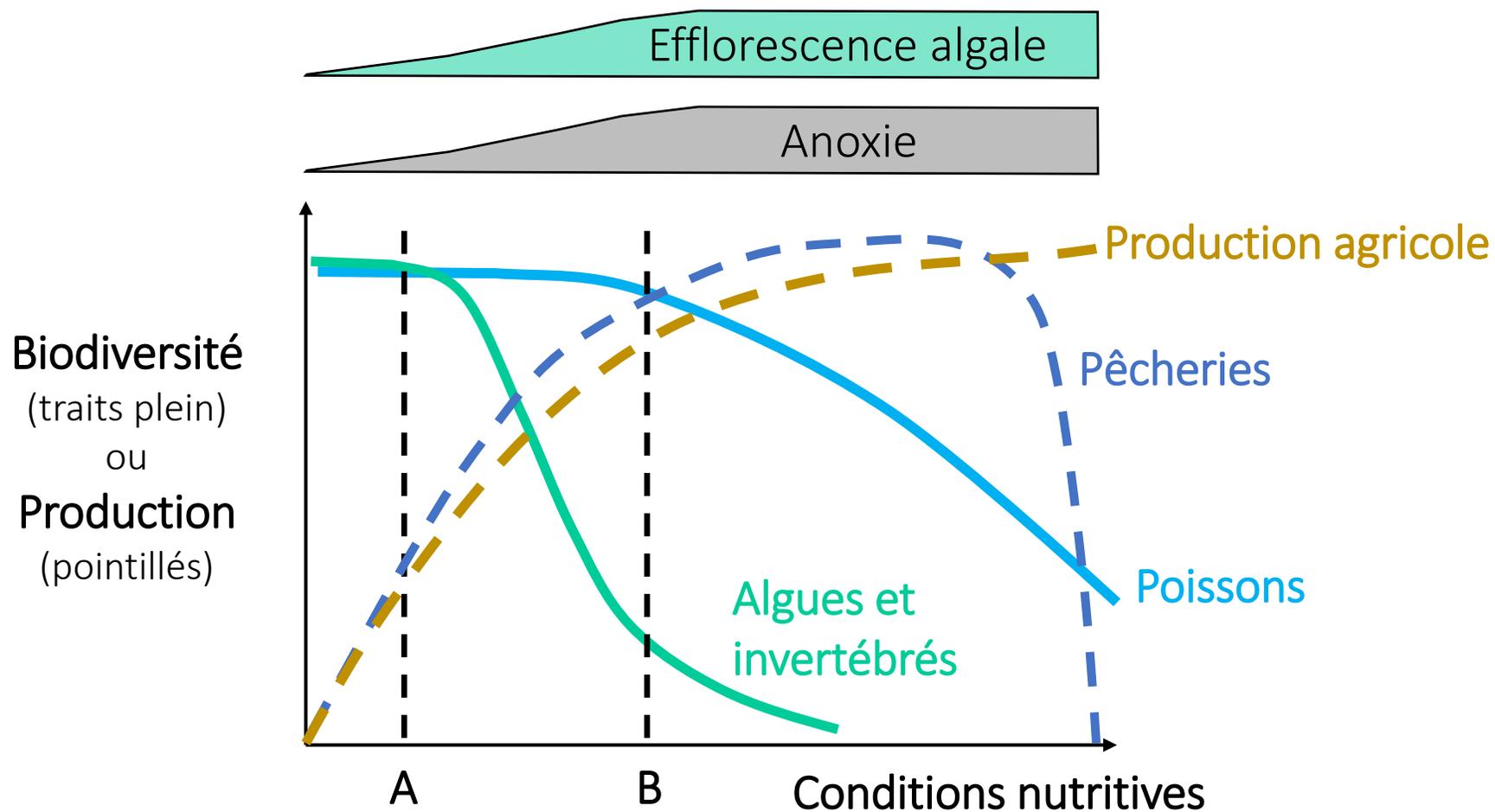


Au niveau national, quelles dispositions pour lutter contre l'eutrophisation ?

- des dispositions anciennes
- des dispositions qui ont fortement évolué sous l'effet du droit international / communautaire
- des dispositions dispersées (C. env, C. rur...) à combiner/ articuler
- certaines dispositions protègent les milieux de l'eutrophisation grâce à la délimitation de zones dans lesquelles il faut mettre en place des mesures (ZS, ZV...)
- d'autres dispositions limitent les activités à l'origine d'eutrophisation : encadrement des installations sources d'eutrophisation (ICPE, IOTA), mise sur le marché des produits (matières fertilisantes, détergents...)
- la cohérence des approches (zonages environnementaux, surveillance, actions, encadrement des activités...) permet de lutter contre l'eutrophisation ; se fait cependant ressentir la nécessité de passer d'approches sans doute trop sectorielles à des approches plus globales/intégrées



Repères réglementaires





Repères pour l'azote

	Normes de potabilité (mg NO ₃ /L)	Normes de qualité de l'eau pour les écosystèmes (mg/L)
Canada	44,3	13,3 (NO ₃)
Chine	44,3	4,4(NO ₃)
UE	50	25(NO ₃)
Allemagne	50	11(NO ₃), 3 (TN)
Suisse	25	25(NO ₃), 7 (TN)
Pays-Bas	50	0,12-18 (TN)
États-Unis	44,3	0,1-1,27 (TN, lacs), 0,12-2,17 (TN, riv.)
France	50	1,7 (NO ₃) 10 (NO ₃) 25 (NO ₃) 50 (NO ₃)



Modifié
d'après Liu
et al., 2017

Seq eau,
Aptitude à la
biologie, 1999



*Sur quels indicateurs s'appuyer pour
caractériser l'eutrophisation?*



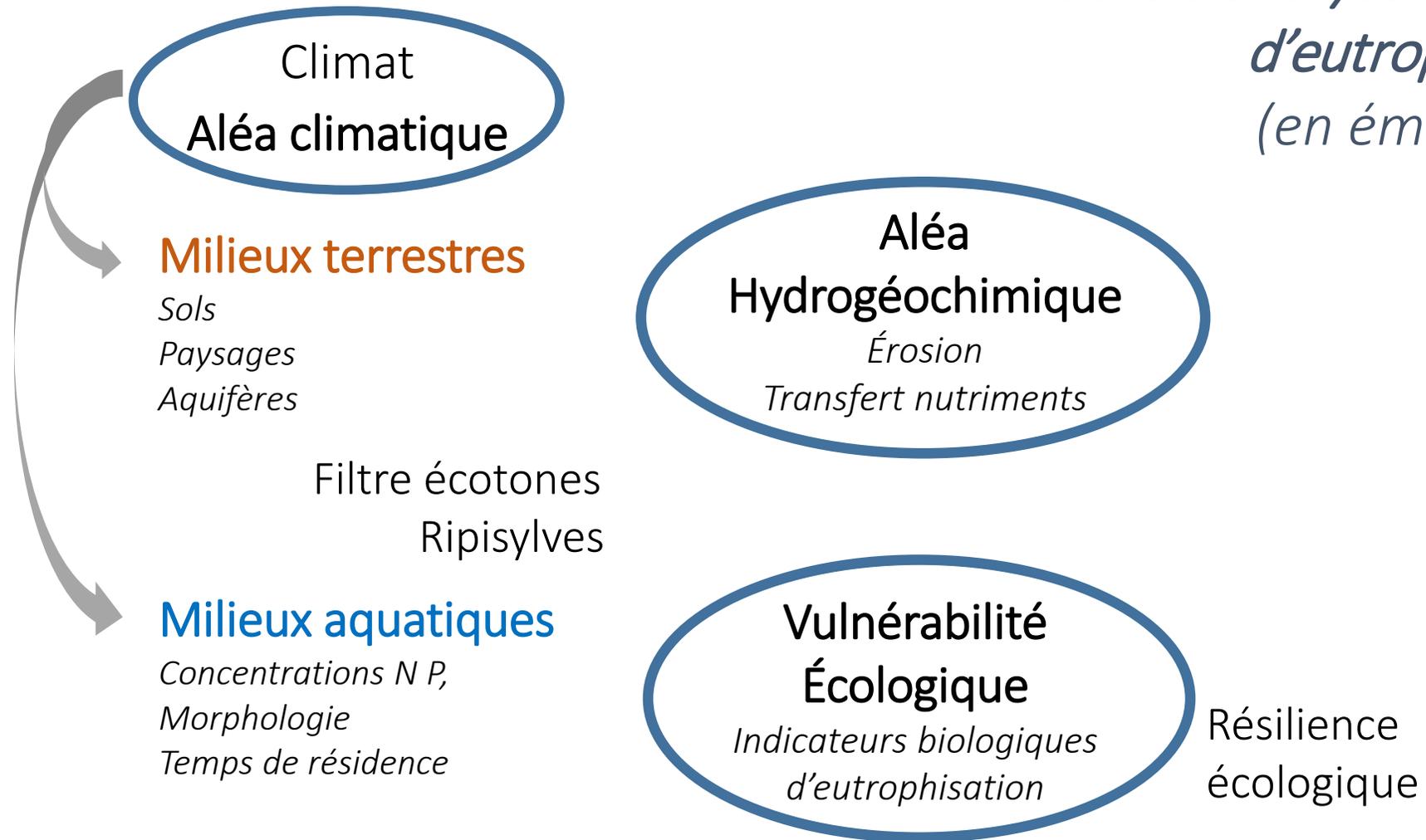
Indicateurs	Rivières	Lacs	Eaux de transition	Eaux côtières	Eaux marines
Indicateurs de pression					
Émissions de nutriments, charge en nutriments	●	●	●	●	●
Indicateurs d'état					
Concentrations en phosphore (P total, orthophosphate)	●	●	●	●	●
Concentrations en azote (N total, NO ₃)	●	●	●	●	●
Indicateurs d'impact					
État écologique (DCE)	●	●	●	●	
État environnemental (DCSMM)				●	●
Phytoplancton (chlorophylle a, biovolume)	●	●	●	●	●
Phytoplancton (composition de la communauté, algues nuisibles, toxiques)		●		●	●
Profondeur de Secchi		●		●	●
Macrophytes (profondeur de croissance inférieure)		●		●	
Macrophytes (composition de la communauté)	●	●	●	●	
Phytobenthos (composition de la communauté des algues benthiques)	●	●			
Macrozoobenthos (composition de la communauté, biomasse)	●	●	●	●	●
Concentration en oxygène au fond		●	●	●	●



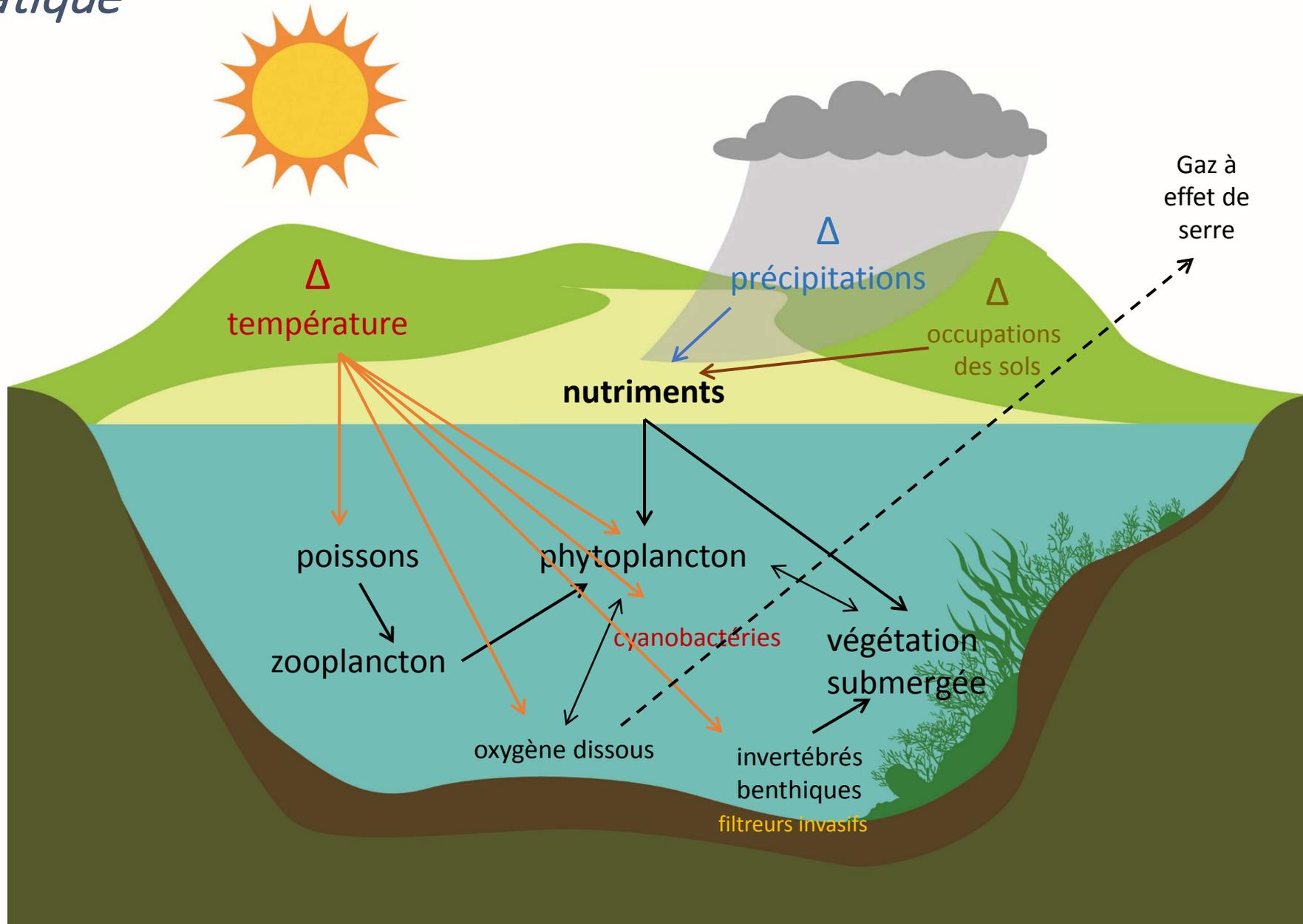
*Peut-on et comment caractériser et
prédire les risques d'eutrophisation ?*



*Cadre d'analyse du risque
d'eutrophisation
(en émergence)*

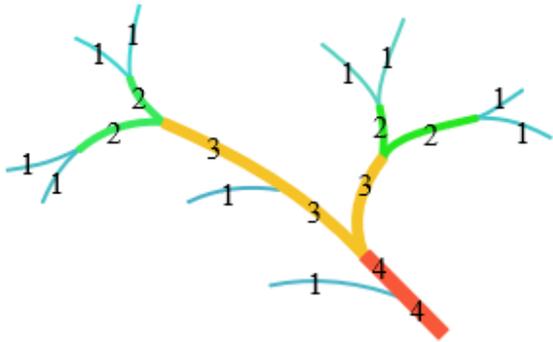


Aléa climatique



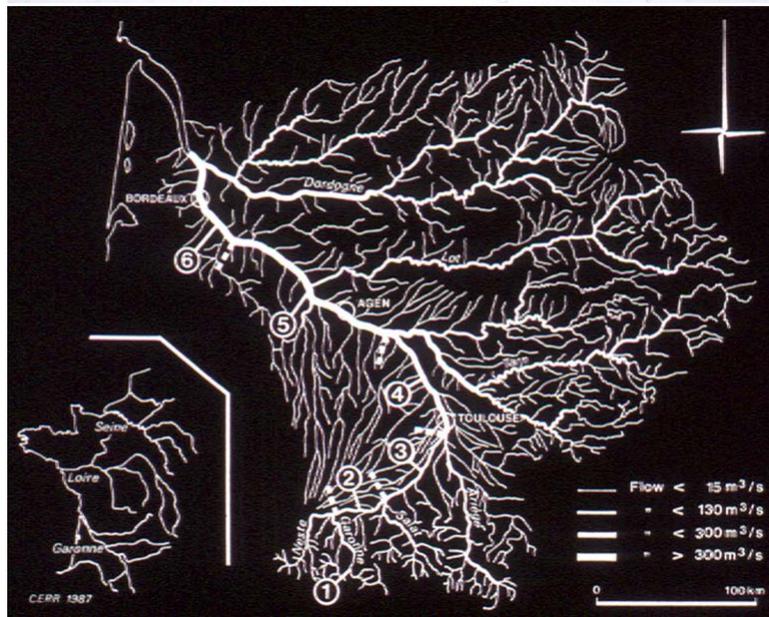


Aléa hydrogéochimique



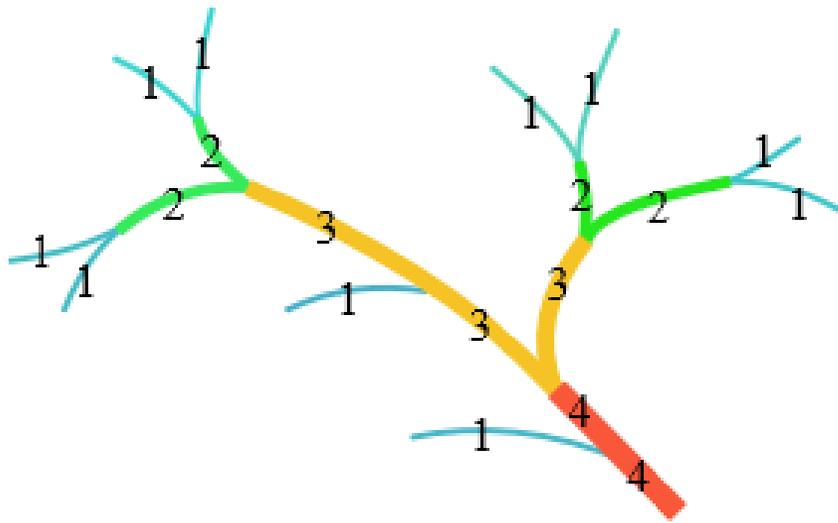
Bassin versant de la Garonne

ordre	nombre	Longueur totale	% cumulé
1	10,095	16,612	50.94
2	2,429	7,385	73.58
3	540	4,097	86.14
4	118	2,012	92.31
5	29	1,298	96.29
6	6	796	98.73
7	2	179	99.27
8	1	235	100
somme	13,320	32,614	

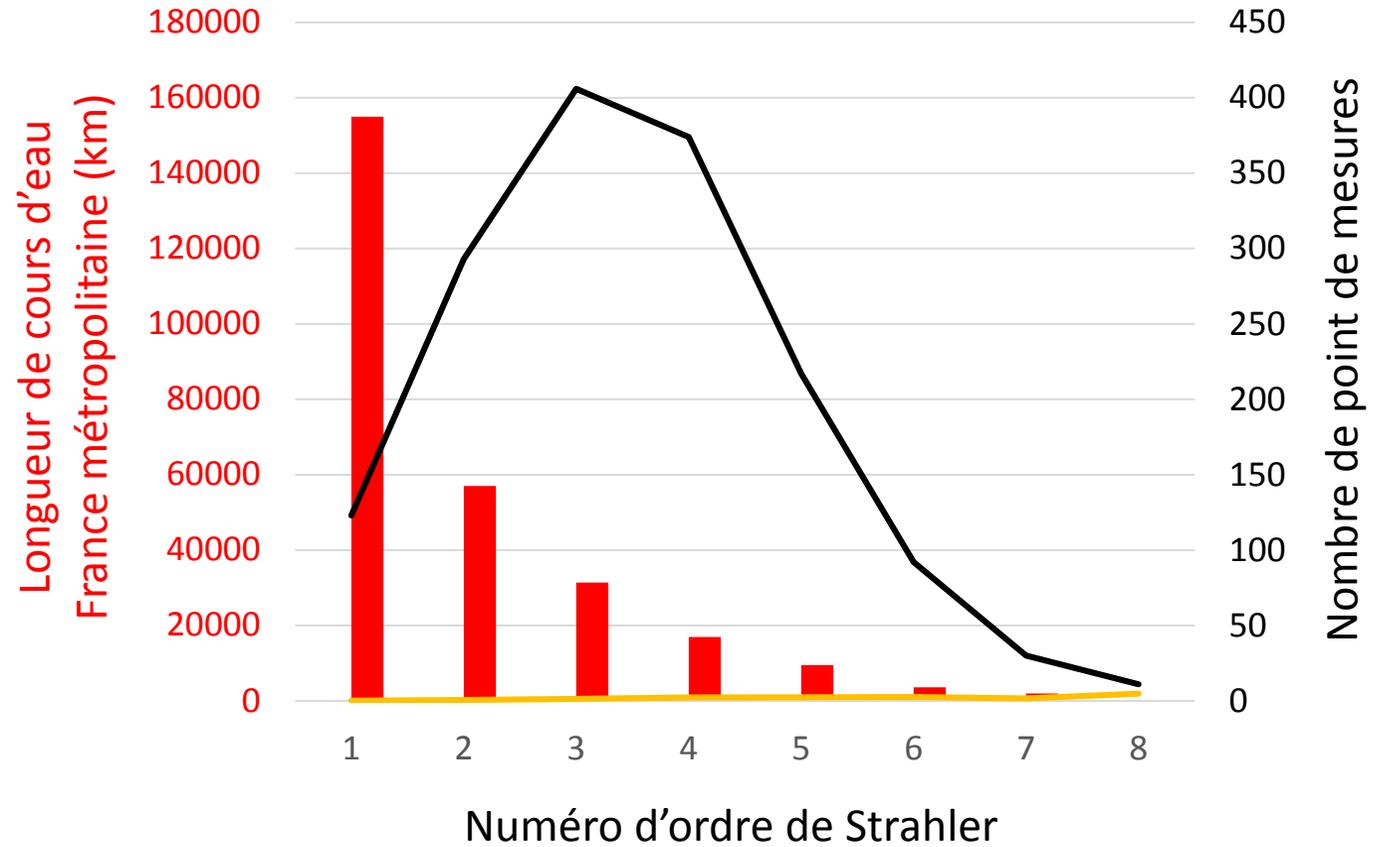




Echantillonnage national de la qualité de l'eau

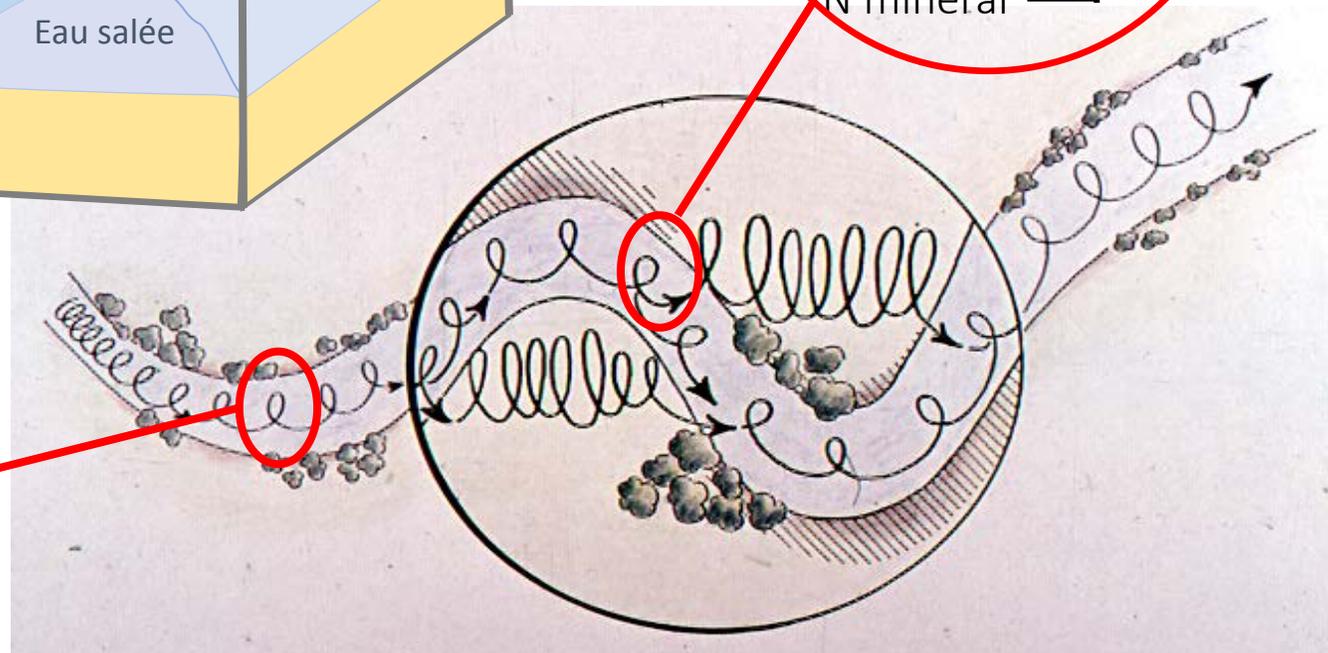
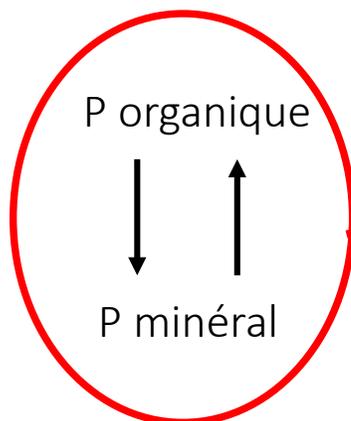
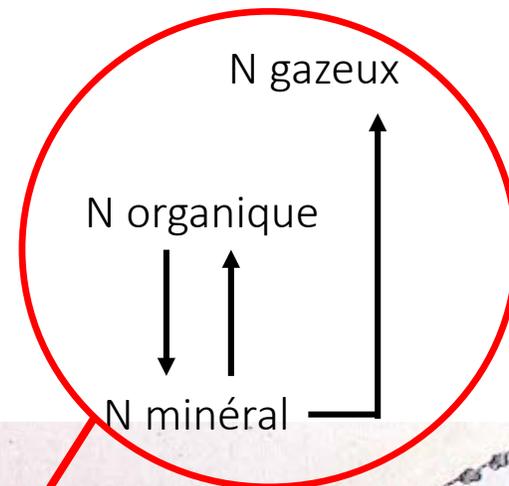
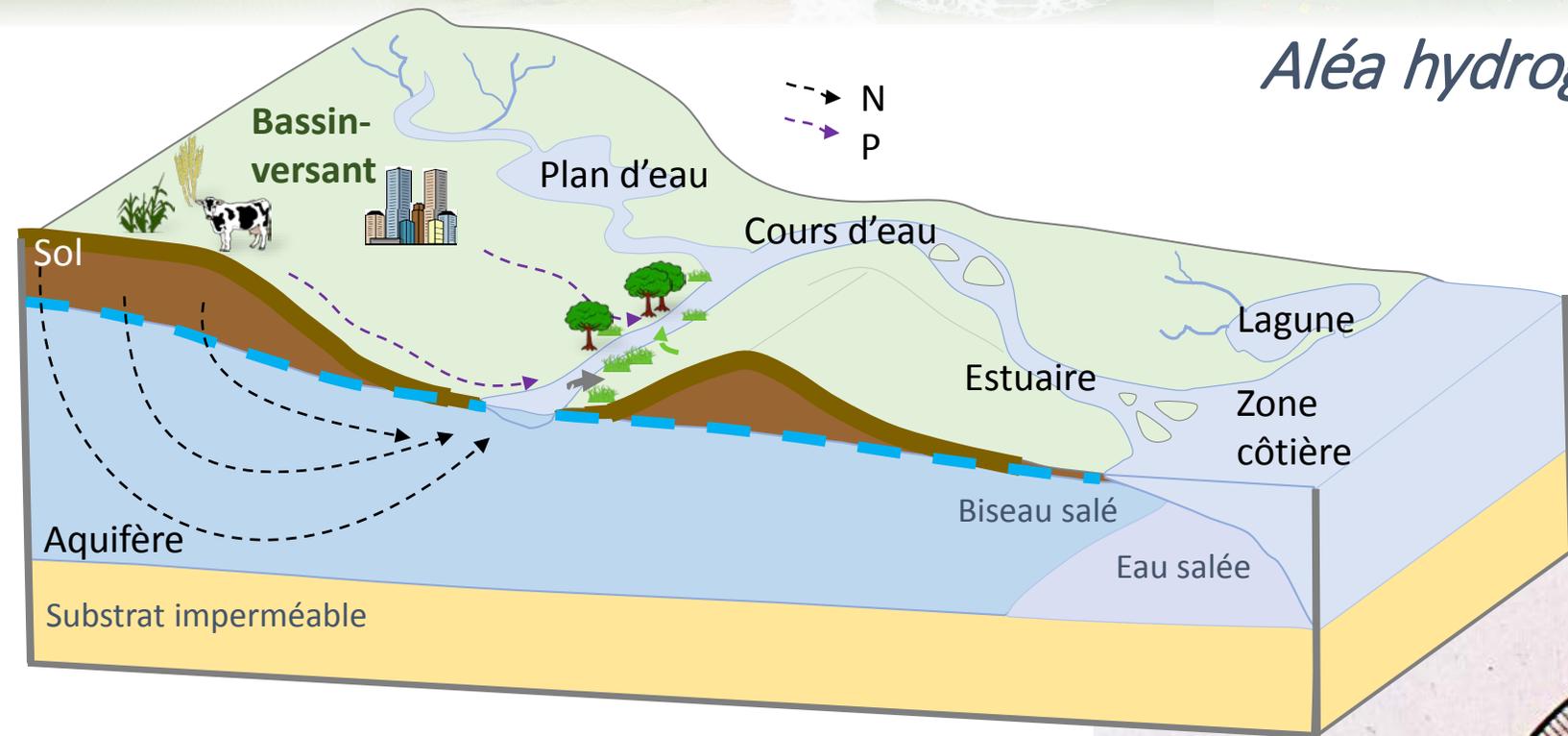


Numéro d'ordre de Strahler



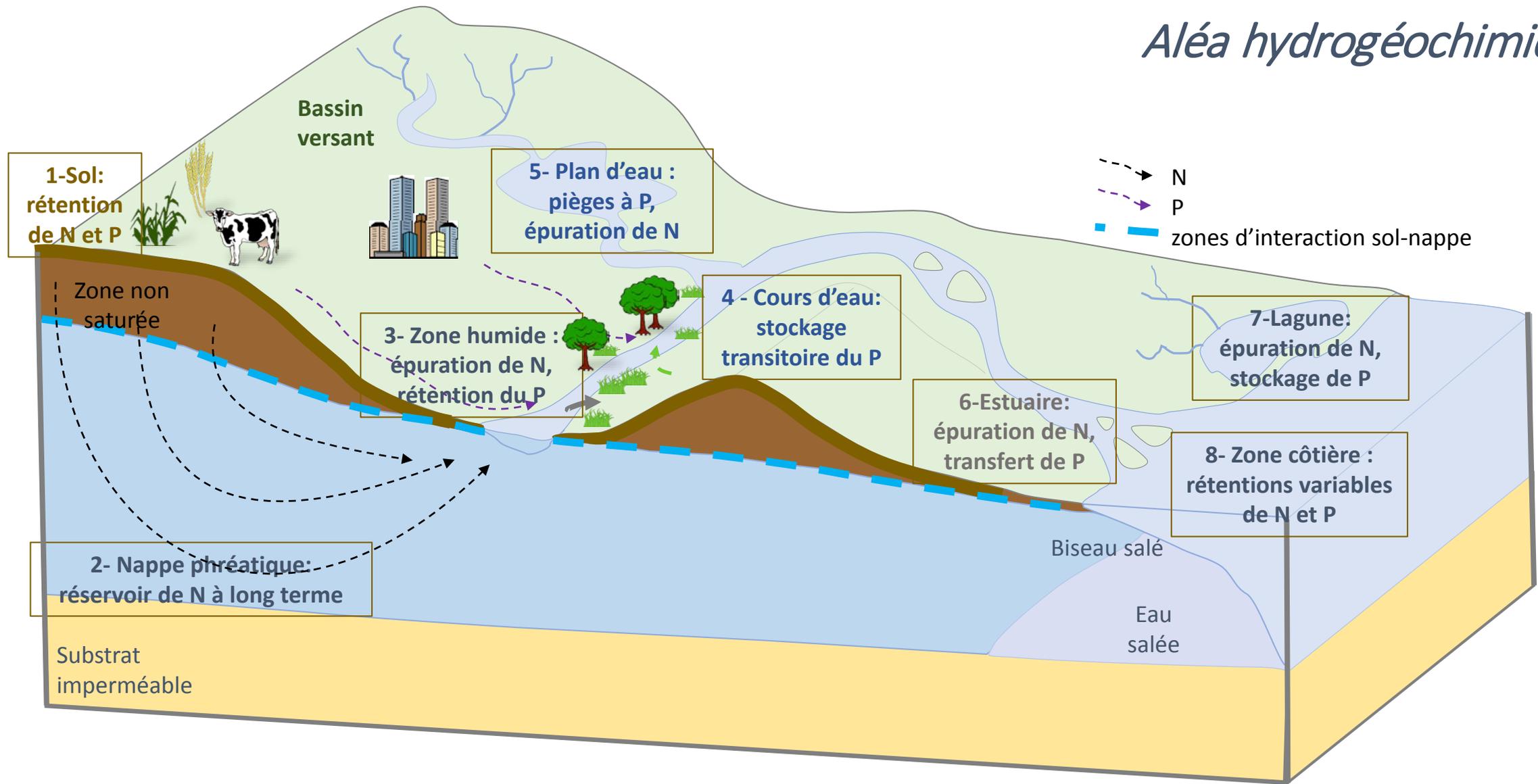


Aléa hydrogéochimique





Aléa hydrogéochimique





Vulnérabilité écologique

Retour
linéaire à
l'état initial



Plage de Lestrevet (Baie de Douarnenez) @ CEVA

Retour
avec
hystérésis

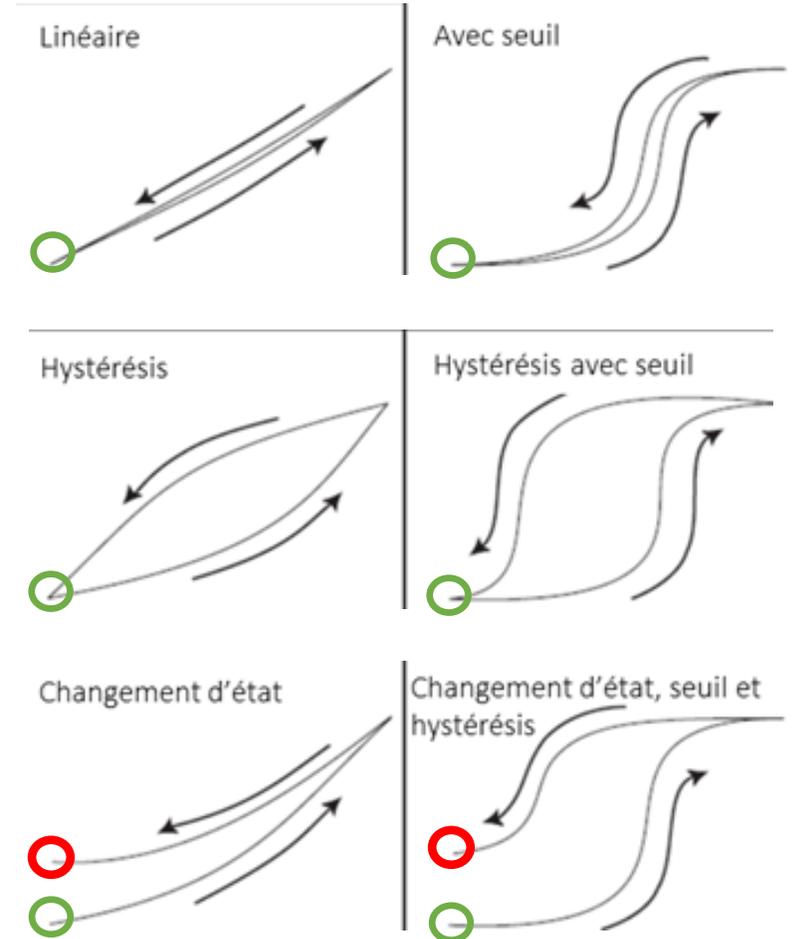
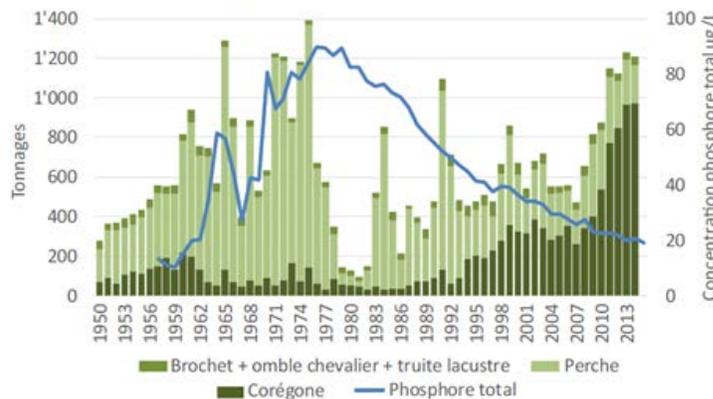


Plage du Ris (baie de Douarnenez)

Clichés CEVA

Changement d'état

Evolution du rendement piscicole du Léman





*Quelles sont les stratégies de lutte
contre l'eutrophisation ?*



L'ingénierie dans les écosystèmes aquatiques : une solution ponctuelle

Trois types de leviers :

- **des leviers physiques** : temps de résidence de l'eau, dé-stratifier la colonne d'eau ;
- **des leviers chimiques** : réoxygéner artificiellement le milieu, ou favoriser la précipitation du phosphore (addition de chaux, aluminium, sulfates...)
- **des leviers écologiques** : contrer les perturbations (emploi d'algicides), introduire des espèces pour reconstruire des réseaux trophiques.

Ces approches sont coûteuses et aléatoires.

Aide à réguler un symptôme, au cas par cas, sur de petits systèmes.



Une nécessaire gestion des apports de nutriments aux milieux aquatiques

Deux principes de base :

- **Le long terme**

- L'héritage des milieux le long du continuum terre-mer
- L'inertie de l'évolution des systèmes techniques



- **Limiter les apports de N et P aux écosystèmes aquatiques,**

- Le facteur de contrôle passe du phosphore à l'azote le long du continuum terre-mer
- Mais les cycles des nutriments sont liés : les mesures de régulation d'un élément ont des conséquences sur les autres éléments et *in fine* sur l'équilibre des écosystèmes



Une nécessaire réduction des apports de nutriments aux milieux aquatiques

Agir sur les systèmes techniques et les activités économiques

Sources domestiques et industrielles : encore des marges de manœuvre

- Recyclage des effluents, type de traitement, dimensionnement.
- Situations à forte variabilité (naturelle, anthropique)



Sources agricoles : 3 leviers à systèmes agricoles constants

- Territoires d'élevage : alimentation animale et recyclage des effluents
- Gestion de la fertilisation des cultures plus intégrée
 - fondée sur azote et phosphore, à l'échelle des systèmes de culture
- Préservation ou restauration des paysages
 - Hétérogénéité des paysages, interfaces terre-eau (zones humides)



Des leviers utiles
mais insuffisants
là où les
écosystèmes
récepteurs sont
très vulnérables

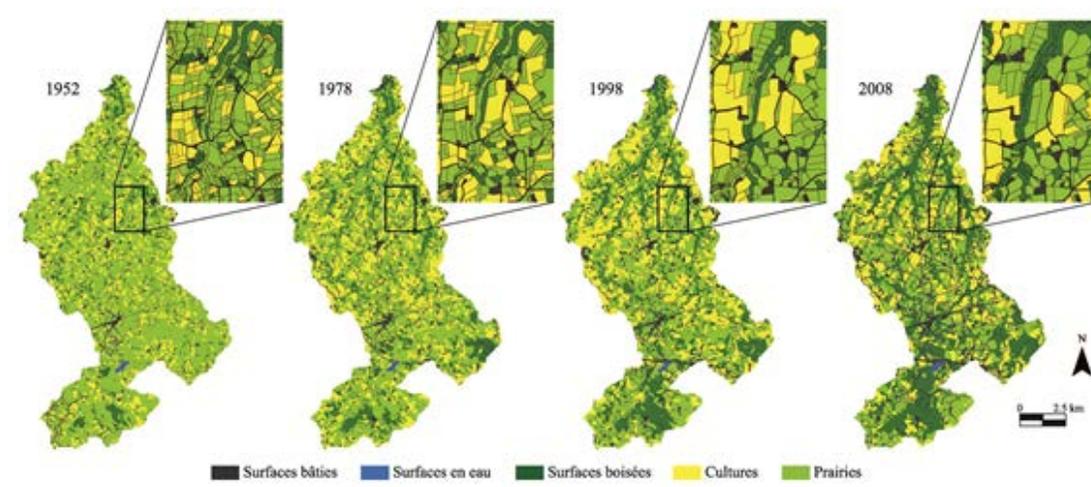


Une nécessaire réduction des apports de nutriments aux milieux aquatiques

Transformer les systèmes agricoles et les territoires

Des systèmes agricoles et des usages des sols : agroécologie

Des projets de territoire : des synergies avec des enjeux d'alimentation, de biodiversité, de climat, de recyclage des ressources



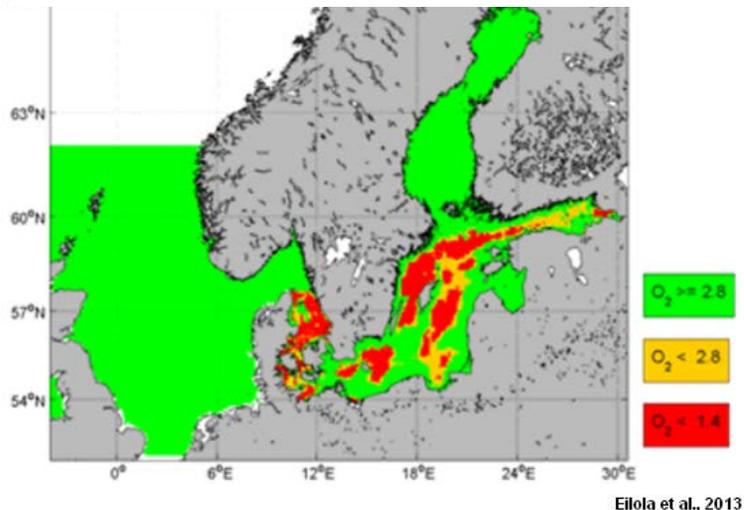
Cartes de l'occupation du sol sur le bassin-versant du Yar en 1952, 1978, 1998 et 2008. UMR LETG



La modélisation comme outil de compréhension du fonctionnement des écosystèmes et de prévision de leur évolution dans un cadre de remédiation

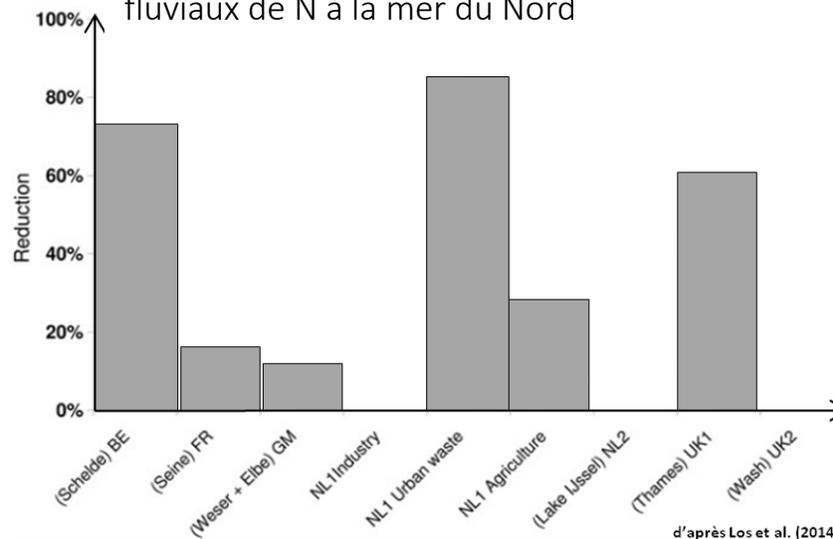
- Reproduire l'évolution constatée de l'eutrophisation

Evaluation de la qualité de l'eau de fond en oxygène dissous

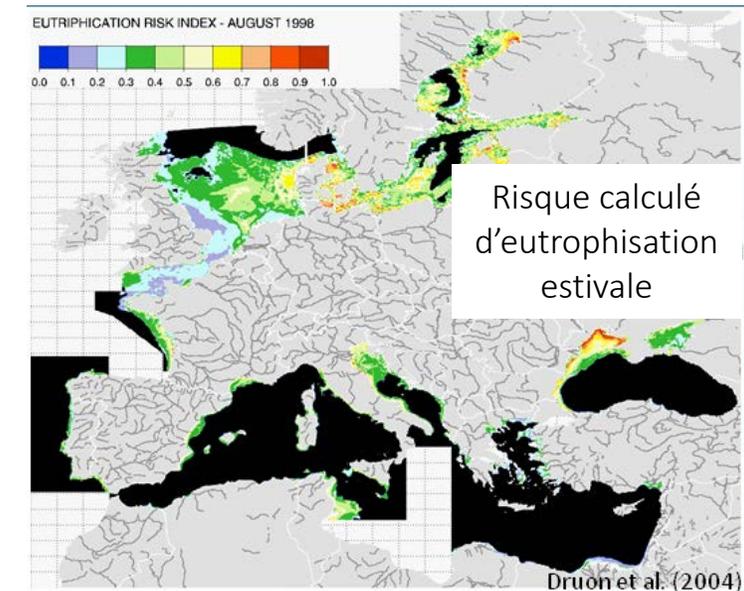


- Evaluer les nécessaires réductions de nutriments et les sources prioritaires

Réduction optimale des divers apports fluviaux de N à la mer du Nord



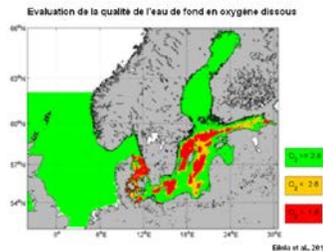
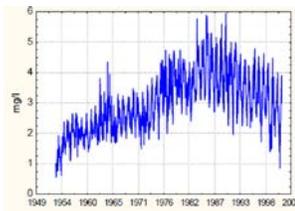
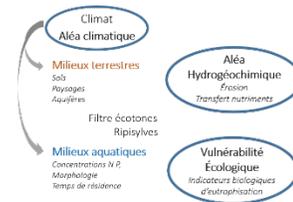
- Evaluer des risques





Des approches de modélisation variées dont la complexité croissante vise à augmenter le réalisme

- **Analyses de risque, évaluation des impacts** : combiner de facteurs d'émissions de nutriments
- **Modèles « statistiques »** : prédire, par ajustement statistique, des descripteurs de l'eutrophisation, en fonction de variables causales, en lien avec des BDD
- **Modèles « mécanistes »** : représenter, au travers d'équations, la dynamique de l'eutrophisation. En 40 ans, des évolutions considérables
 - du modèle 0D au couplage de modèles 2D/3D, allant du bassin versant aux lacs et de rivières, aux modèles de zones marines côtières
 - du simple couple (Matière organique, Oxygène dissous) aux cycles biogéochimiques couplés de N, P, Si ...Fe, Mn, avec divers compartiments végétaux et stocks sédimentaires



Une combinaison de ces approches



Degré d'opérationnalité et difficultés de la modélisation

- Beaucoup d'initiatives et une réelle contribution pour orienter les grandes lignes de l'action
- Encore peu d'exemples intégrant l'aléa climatique et la modélisation bio-économique
- **Des difficultés de divers ordres**
 - Des incertitudes rarement évaluées
 - Un niveau de transposition faible : des données souvent insuffisantes (milieux, systèmes techniques)
 - Des difficultés conceptuelles
 - Exemple : propager une contrainte écologique imposée à l'aval dans les réseaux hydrographiques et les bassins versants amont



***L'accompagnement socio-économique de la
remédiation –
Agir dans la complexité***



Evaluation économique des impacts de l'eutrophisation

- Peu d'analyses rétrospectives des coûts engendrés
- Difficulté d'établir les coûts directs et indirects
- Quatre types d'enjeu en termes monétaires :
 1. les impacts sur la qualité de l'eau, de l'environnement et sur le changement climatique,
 2. les impacts sur la santé humaine et le bien-être,
 3. les impacts sur les activités économiques
 4. comment réinsérer l'eutrophisation dans une trajectoire circulaire
- Etudes majoritairement aux États-Unis et mer Baltique. Peu en France



Evaluation économique des impacts de l'eutrophisation

Pour les eaux continentales : études portant sur la qualité de l'environnement, la santé et le bien-être, et un peu sur les activités économiques

- Ex: Etats-Unis, 44 millions US\$/an pour la prévention de la perte de biodiversité aquatique;
- Ex: Etats-Unis, 2,2 milliards US\$/an pour la perte potentielle des usages récréatifs

Pour les eaux littorales : études portant sur la santé humaine, les activités économiques, et un peu sur les coûts de ramassage, de traitement et de valorisation des algues

- Ex: incidence des maladies causées par les pathogènes marins sur la santé humaine varie de 1 à 1 000
- Ex: effets de l'eutrophisation sur l'activité économique varient de 2 à 20,4 millions US\$/an aux États-Unis

Pour les eaux marines : une seule étude, sur la mer Baltique, traitant de la dégradation de la qualité des eaux (valeur économique estimée varie de 28 à 54 millions d'euros)

- Des coûts élevés mais une grande variabilité des estimations
- Des lacunes sur de nombreux impacts et systèmes



Différentes stratégies économiques de la remédiation

- La lutte contre l'eutrophisation est la **recherche d'un compromis**
- L'**analyse coût-bénéfice** ou coût-efficacité des actions de remédiation est un outil pour trouver ce compromis. Mais elle est difficile à mettre en œuvre car:
 - o diversité des sources de pollutions (multi-causalité), des impacts et des actions à mener
 - o coûts de transaction élevés ; incertitudes et asymétrie d'information ; stratégies des acteurs...
- **Différents outils économiques** peuvent être mis en œuvre
 - o les systèmes de commande et contrôle ;
 - o les taxations et/ou les subventions ;
 - o les taxes dépendantes du contexte (*ambient taxes*)
 - o les permis échangeables
- **Bien définir la problématique** : qui cibler ? que cibler ? quel mécanisme utiliser ?



Des enseignements issus des études économiques

- Mettre la dimension économique très en amont des études
- Avoir des instruments différents contre les pollutions domestiques et agricoles
- Cibler un objectif de qualité de l'eau plutôt qu'une réduction des intrants
- Aller au-delà de la seule définition d'un standard environnemental ou d'une diminution minimale de la pollution qui sont peu efficaces (Baltique ou Danube)
- Cibler conjointement azote et phosphore
- Pas de solution générique : des choix conçus pour des situations particulières
- Une gestion adaptative, par réactualisation des objectifs



Lutte contre l'eutrophisation et dynamiques sociales

4 dimensions à prendre en compte :

1. La **trajectoire** de l'eutrophisation en tant que **problème public**
2. L'évolution des **perceptions** et **représentations** de l'eutrophisation et de la **qualité de l'eau** et des milieux aquatiques
3. Les **processus de coordination** entre acteurs : coopération et conflits
4. La **gestion de la complexité** et des **incertitudes** associées aux processus d'eutrophisation



Lutte contre l'eutrophisation et dynamiques sociales

1. La trajectoire de l'eutrophisation en tant que problème public

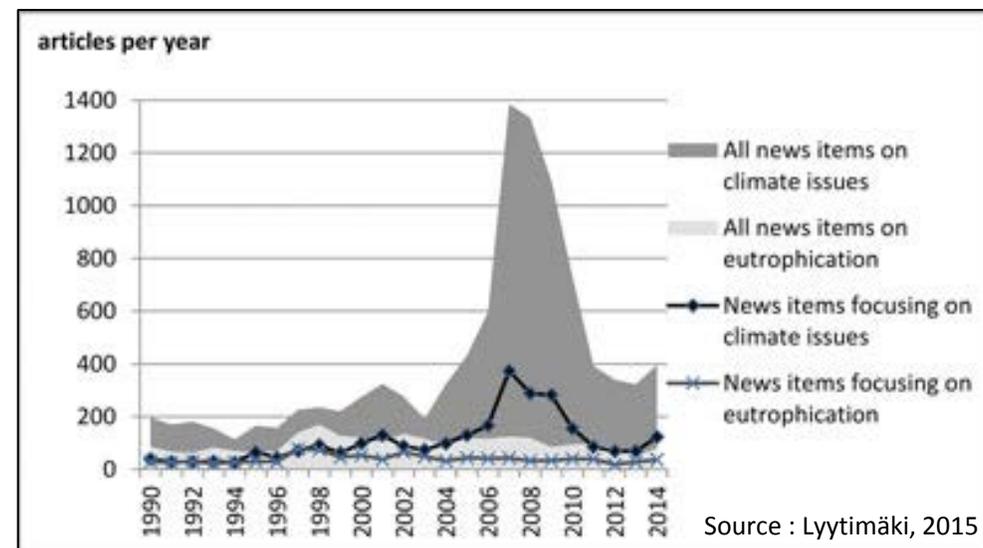
→ une histoire longue de plus d'un siècle, marquée par des rapports de force



Mobilisations contre la pollution des Grands Lacs laurentiens (1965-2017) :

A gauche : *Housewives to end pollution*, pour l'interdiction du phosphate dans les détergents

A droite : *Healing our Waters coalition*, contre la remise en cause des programmes de restauration par l'administration Trump



L'eutrophisation de la Mer Baltique : le 2ème problème environnemental le plus médiatisés en Scandinavie depuis les années 1990



Lutte contre l'eutrophisation et dynamiques sociales

2. L'évolution des perceptions et représentations de l'eutrophisation et de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques

→ Une visibilité sociale croissante



Rassemblements antagonistes simultanés à propos des marées vertes
Plonévez-Porzay (Finistère) – septembre 2010

Tabl. 1/ L'évolution du discours médiatique sur les algues vertes

Entrée du reportage	1980	1990	2000	2010
Santé publique	Ces algues sont inoffensives	Pas de risque connu pour la santé	Les experts s'interrogent sur les risques	Les algues sont dangereuses
Économie	Les algues empêchent la natation	Le principal problème est le nettoyage de la plage	La recherche s'organise	Les algues, c'est l'or vert
La responsabilité du modèle agricole	Les rejets domestiques expliquent les marées vertes	Les nitrates sont responsables	Les mauvaises pratiques agricoles doivent être corrigées	Les élevages porcins polluent le rivage

Sources : INA (1986-2014). Traitement : J.-P. Haghe et A. Brun, ANR « Terre-Eau ».



Lutte contre l'eutrophisation et dynamiques sociales

3. Les processus de coordination entre acteurs :
coopération et conflits

→ Tension entre implication des acteurs et
effectivité des politiques de lutte contre
l'eutrophisation



Bassin de rétention sur le bassin versant de la Charente



Lutte contre l'eutrophisation et dynamiques sociales

4. La gestion de la complexité et des incertitudes associées aux processus d'eutrophisation

→ Des transitions à accompagner dans la durée



Eleveurs laitiers engagés dans un projet de territoire à basses fuites de nutriments et dans le programme ANR Acassya

Bassin versant de la Lieue de Grève (Côtes d'Armor), 2013



Lutte contre l'eutrophisation et dynamiques sociales

En conclusion:

- Trajectoire classique d'un problème public environnemental émergent
- Hyper-visibilité sur certains territoires emblématiques, faible visibilité ailleurs...
- Importance du soutien dans la durée des médiations : chercheurs, associations, réseaux d'action locale...



Les pistes d'investigations futures



Vers une méthodologie d'analyse du risque d'eutrophisation

- i) Réaliser des synthèses scientifiques régulières analysant conjointement les données physico-chimiques et biologiques dans leurs cadres géographiques différenciés
- ii) Orienter l'acquisition de nouvelles données pour développer des démarches de modélisation
- iii) Intensifier l'acquisition de données dans les zones mal instrumentées (par exemple têtes de bassin, sols et sédiments)
- iv) Développer de nouveaux modes d'acquisition de données, (haute fréquence, temps réel, images satellitaires) et des sciences participatives
- v) Mieux exploiter l'information fonctionnelle apportée par les prélèvements biologiques



Vers des approches de recherche systémiques

- Renforcement de suivis interdisciplinaires à long terme et haute fréquence le long des continuum terre – mer
 - Analyse des temps de réponses des hydrosystèmes aux perturbations et restauration
 - Prédiction des points de bascule du fonctionnement des hydrosystèmes
- Analyses conjointes des processus biophysiques et socioéconomiques
 - Modélisation couplée des processus biophysiques et économiques
 - Méthodes de couplage de données quantitatives et qualitatives
- Développement de scénarios d'évolution des hydrosystèmes sous changement climatique



Un grand merci au collectif d'experts...



Lynda
Aissani



Pierre
Anschutz



Carole
Barthélémy



Fabrice
Beline



Gudrun
Bornette



Catherine
Boutin



Magalie
Bourblanc



Annie
Chapelle



Christian
Chauvin



Pascal
Claquin



Alain
Crave



Pascal
Denoroy



Jean-Marcel
Dorioz



Jean-Marc
Douguet



Isabelle
Doussan



Patrick
Durand



Claire
Etrillard



Agathe
Euzen



Didier
Gascuel



Elisabeth
Gross



Jean-François
Humbert



Nicolas
Hoepffner



Geneviève
Lacroix



Jean-Marie
Lescot



Alain
Lefebvre



Alix
Levain



Olivier Le
Pape



Laurence
Miossec



Florentina
Moatar



Behzad
Mostajir



Alexandrine
Pannard



Frédéric
Rimet



Nadège
Rossi



José
Sanchez



Sabine
Sauvage



Philippe
Souchu



Jean-Philippe
Terreaux



Philippe
Usseglio-Polatera



Brigitte
Vincon-Leite



Ainsi qu'à l'équipe des documentalistes...



Monique
Delabuis



Sybille de
Mareschal



Annick
Salaün



Isabelle
Dubigeon



Alain-Hervé
Le Gall



... et Anaïs Tibi (DEPE, INRA) pour son accompagnement méthodologique



Pour en savoir plus, les livrables sont téléchargeables sur:

www.cnrs.fr/inee

Merci de votre attention