6 mai 2022

Commission Locale de l'Eau du SAGE Vilaine

eaux & vilaine
ÉTABLISSEMENT PUBLIC TERRITORIAL DU BASSIN DE LA VILAINE

SAGE Vilaine
Commission locale de l'Eau

1

Ordre du jour

1. Validation du compte-rendu de la séance du 3 février
2. Élection d'un membre à la Commission Permanente (collège des usagers)
3. Délégation à la Commission Permanente sur la thématique « HMUC » (Hydrologie Milieux Usages Climat)
4. Démarche de participation du public dans le cadre de la révision du SAGE
5. Stratégie « espèces invasives » pour le bassin versant de la Vilaine
6. Eutrophisation des eaux douces et littorales : comprendre le phénomène, ses enjeux et les leviers d'action
7. Points divers

2

1.Validation du compte-rendu de la séance du 3 février

3

2. - Élection d'un membre à la Commission Permanente (collège des usagers)

4

Élection d'un membre à la Commission Permanente

Arrêté modificatif de composition de la CLE du 14 avril 2022

Changements de représentants pour:

- Agrobio 35 (au nom de la FRAB) : Mme DERAEVE succède à M. ROZÉ
- La coopération agricole : M. LEVREL succède à M. ROUSSE

M. ROZÉ siégeait à la Commission Permanente => nécessité de procéder à son remplacement

➔ **Vote uniquement dans le collège des usagers**

5

3. Délégation à la Commission Permanente sur la thématique « HMUC »

SAGE Vilaine

6

Appel à manifestation d'intérêt sur les études HMUC (Hydrologie Milieux Usages Climat)

7

Appel lancé le 1er avril par l'Agence pour l'engagement d'études HMUC sur 2022, et finalisation en 2024

Taux d'aide à 100% par apport de crédits de l'État

=> Réponse Eaux & Vilaine pour le bassin du Semnon, avec un processus de concertation et une ambition en lien avec le SAGE de 2015

⇒ Possibilité d'inscrire un deuxième territoire, qui pourra faire l'objet de la même étude sur ce délai si validation Agence pour le financement

Calendrier :

Date d'ouverture de l'AMI	1er avril 2022
Date limite d'envoi de la note d'intention	30 avril 2022
Validation des projets lauréats par l'agence de l'eau Loire-Bretagne et les services de l'État	Mai 2022
Date limite de dépôt des demandes d'aides pour les projets retenus	14 octobre 2022

=> Décision de donner délégation à la Commission Permanente sur le sujet HMUC pour avancer d'ici la prochaine CLE

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

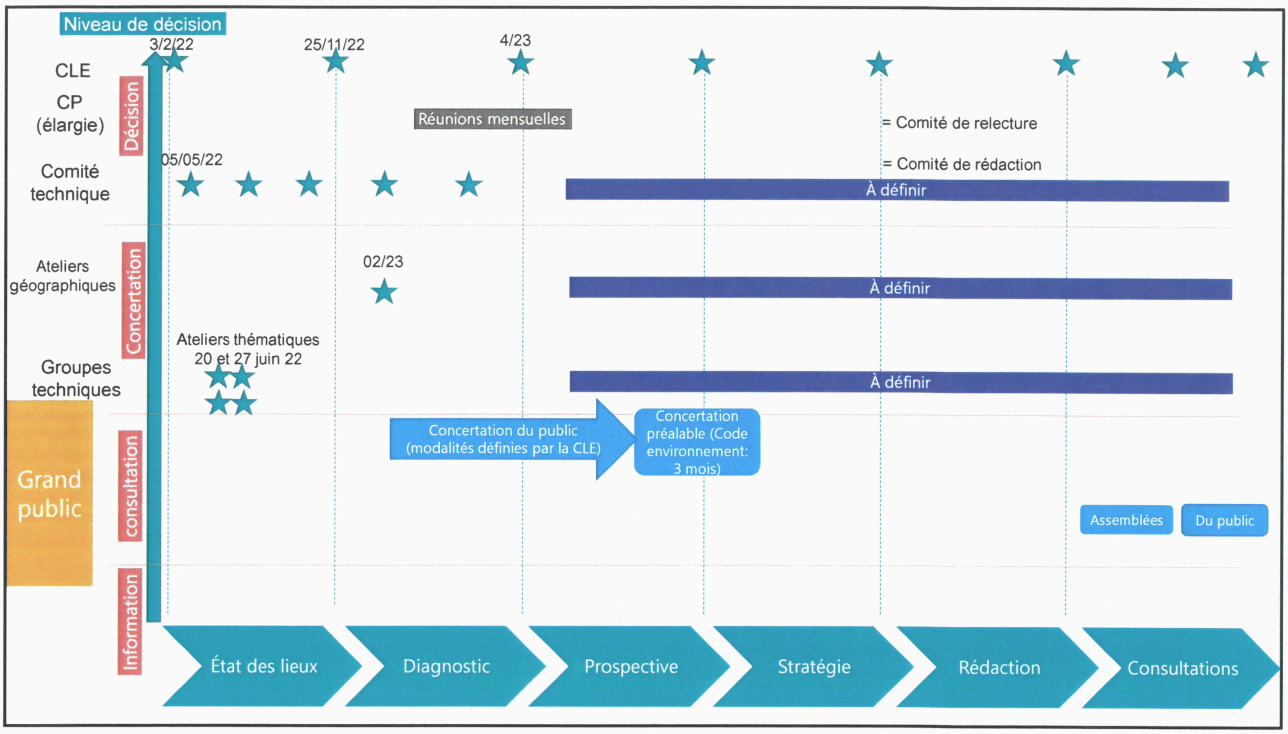
PRÉFÈTE COORDONNATRICE DU BASSIN LOIRE-BRETAGNE

7

4. Démarche de participation du public dans le cadre de la révision du SAGE

SAGE Vilaine

8



9

Révision du SAGE - participation du public

10

- Concertation
- Consultation
- Information

- Obligatoire (3-4 mois)
- Du diagnostic la fin de la concertation préalable obligatoire

Niveau | Durée

Modalités pratiques | Public visé

- Régie
- AMO
- Partenariats

- Panel représentatif
- Certaines populations
- Certains territoires

Concertation préalable obligatoire :

Désignation de deux garantes par la Commission Nationale du Débat Public :

- Mme Karine BESSES
- Mme Anne CHEVREL

LA CNDP
MA PAROLE A DU POUVOIR

Délégation à la Commission Permanente pour proposer une participation du public selon les moyens alloués par Eaux & Vilaine

10

5. - Stratégie « espèces invasives » pour le bassin versant de la Vilaine

SAGE Vilaine

11

Une espèce exotique envahissante (EEE) ou espèce invasive (EI) est une espèce animale ou végétale exotique, c'est-à-dire non indigène sur le territoire, et dont l'introduction par l'homme, volontaire ou fortuite, y menace les écosystèmes, les habitats les espèces indigènes, et/ou les usages.

Pourquoi une stratégie ?

Document cadre permettant de partager une vision et des orientations communes sur la problématique des EEE sur le bassin versant de la Vilaine. Ce cadre de base énonce les axes de travail et d'amélioration pour la surveillance et la gestion de ces espèces. Il pose également des fondements pour la rédaction de « Stratégies de Gestion Territorialisées ».

Ce qu'elle est / ce qu'elle vise :

- Document stratégique à grande échelle
- Document largement partagé / fédérateur
- Un préalable indispensable avant d'aller plus loin
- N'impose rien mais définit les contours pour une approche de gestion

Ce qu'elle n'est pas :

- Ce n'est pas un document à visée opérationnelle

Élaboration de Stratégies de Gestion territorialisées

12

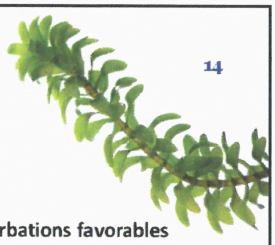
Comment a-t-elle été construite ?

- Repose sur les enjeux et des possibilités d'action à l'échelle du bassin de la Vilaine
- Conforme au documents d'ordre supérieur :
  - Règlement Européen (2014)
  - Stratégie Nationale (2017)
  - SDAGE Loire-Bretagne (2016-2021 et projet 2022-2027)
  - Stratégie EEE Loire-Bretagne (2014-2020, en cours de révision)
  - Stratégie (2012) et Charte du Réseau EEE Pays de la Loire (en cours de rédaction)
  - Stratégie EEE Bretonne (en cours de validation)

Les 5 grands axes de la stratégie :

- AXE 1 : Prévenir l'introduction et la propagation des EEE
- AXE 2 : Intervenir sur les EEE et les écosystèmes
- AXE 3 : Améliorer et mutualiser les connaissances
- AXE 4 : Communiquer, sensibiliser et accompagner
- AXE 5 : Gouvernance

13



AXE 1 : Prévenir l'introduction et la propagation des EEE

Prévenir ensemble les introductions

Objectif 1.1 : Stopper l'utilisation ornementale d'EEE (collectivités, entreprises et particuliers).

Objectif 1.2 : Identifier et mettre en œuvre des mesures préventives visant à limiter les pressions et perturbations favorables aux invasions (en lien avec l'objectif 2.1).

Eviter la propagation des EEE

Objectif 1.3 : Mettre en place et participer aux réseaux de veille et d'alerte.

Objectif 1.4 : Elaborer des protocoles et des méthodes d'intervention rapide.

Objectif 1.5 : Intervenir rapidement lors de l'apparition de nouvelles espèces envahissantes ou potentiellement envahissantes, ou sur des sites récemment colonisés par des EEE, afin d'éviter les proliférations et tenter l'éradication (en lien avec l'axe 2).

AXE 2 : Intervenir sur les EEE et les écosystèmes

Objectif 2.1 : Développer et promouvoir des mesures de gestion et de restauration adéquates des écosystèmes dégradés.

Objectif 2.2 : Mettre en place des interventions de régulation et de confinement.

Objectif 2.3 : Réaliser un suivi post-intervention comportant la surveillance et des opérations éventuelles d'entretien.

Objectif 2.4 : Optimiser l'élimination et la valorisation des déchets issus des opérations de régulation des EEE.

14

AXE 3 : Améliorer et mutualiser les connaissances

Objectif 3.1 : Disposer d'une connaissance actualisée de l'état d'envahissement des milieux.

Objectif 3.2 : Réaliser une veille scientifique et technique sur les EEE et leur gestion.

Objectif 3.3 : Participer aux différents réseaux sur les EEE.

Objectif 3.4 : Partager les retours d'expériences sur les EEE.

Objectif 3.5 : Organiser les connaissances dans un système d'information adapté.

AXE 4 : Communiquer, sensibiliser et accompagner

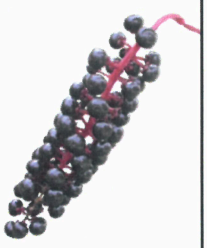
Objectif 4.1 : Élaborer des campagnes d'information et de sensibilisation.

Objectif 4.2 : Élaborer & diffuser des codes de bonne conduite & bonnes pratiques (en lien avec l'objectif 1.1).

Objectif 4.3 : Soutenir et développer les démarches participatives.

Objectif 4.4 : Apporter une assistance technique aux structures et particuliers gestionnaires

15



AXE 5 : Gouvernance

Objectif 5.1 : Favoriser et promouvoir la mobilisation des acteurs pour la gestion des EEE.

Objectif 5.2 : Coordonner les structures impliquées dans la mise en œuvre de la stratégie.

Objectif 5.3 : Développer des Stratégies de Gestion Territorialisées (SGT) par unité territoriale pertinente

- Chaque structure définit les ambitions de sa SGT (espèces, territoire, niveau d'intervention).
- Eaux & Vilaine participe à l'émergence des SGT.

Objectif 5.4 : Définir les priorités géographiques et spécifiques d'intervention.

Objectif 5.5 : Assurer la cohérence des objectifs de gestion avec les stratégies nationale, régionales et de bassin Loire - Bretagne, ainsi qu'avec le SDAGE, le SAGE, etc...

Objectif 5.6 : Evaluer les actions de la stratégie.

Les principaux objectifs de la Stratégie EEE du Bassin de la Vilaine :

- **Rassembler sur des principes communs et fédérateurs**
- **Permettre l'élaboration de Stratégies de Gestion Territorialisées → Visée opérationnelle**

=> Proposition de validation par la Commission Locale de l'Eau

16

EAUX ET VILAINE : Commission Locale de l'Eau du 6 mai 2022 – Uzel

Eutrophisation des eaux douces et littorales : comprendre le phénomène, ses enjeux et les leviers d'action

Alexandrine PANNARD – Patrick DURAND

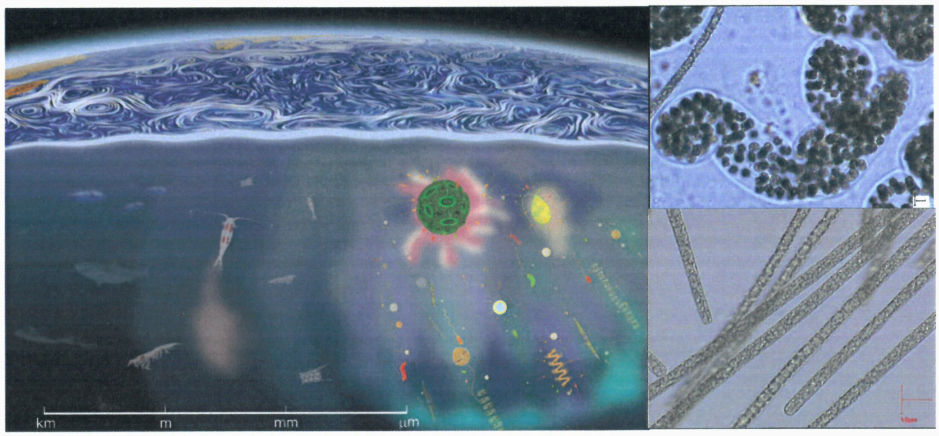
UNIVERSITÉ DE RENNES 1 INRAE

Creseb

Alexandrine PANNARD, enseignante-chercheuse à l'Université de Rennes1, en détachement à l'INRAE (UMR SAS)
Patrick DURAND, directeur de recherche à l'INRAE (UMR SAS, Rennes)

MILIEUX AQUATIQUES :
Qu'est-ce que l'eutrophisation ? Comment survient-elle ?
Quels sont ses impacts et les actions de lutte ?

Alexandrine PANNARD (alexandrine.pannard@inrae.fr)



EAUX ET VILAINE : CLE du 6 mai 2022 – Uzel

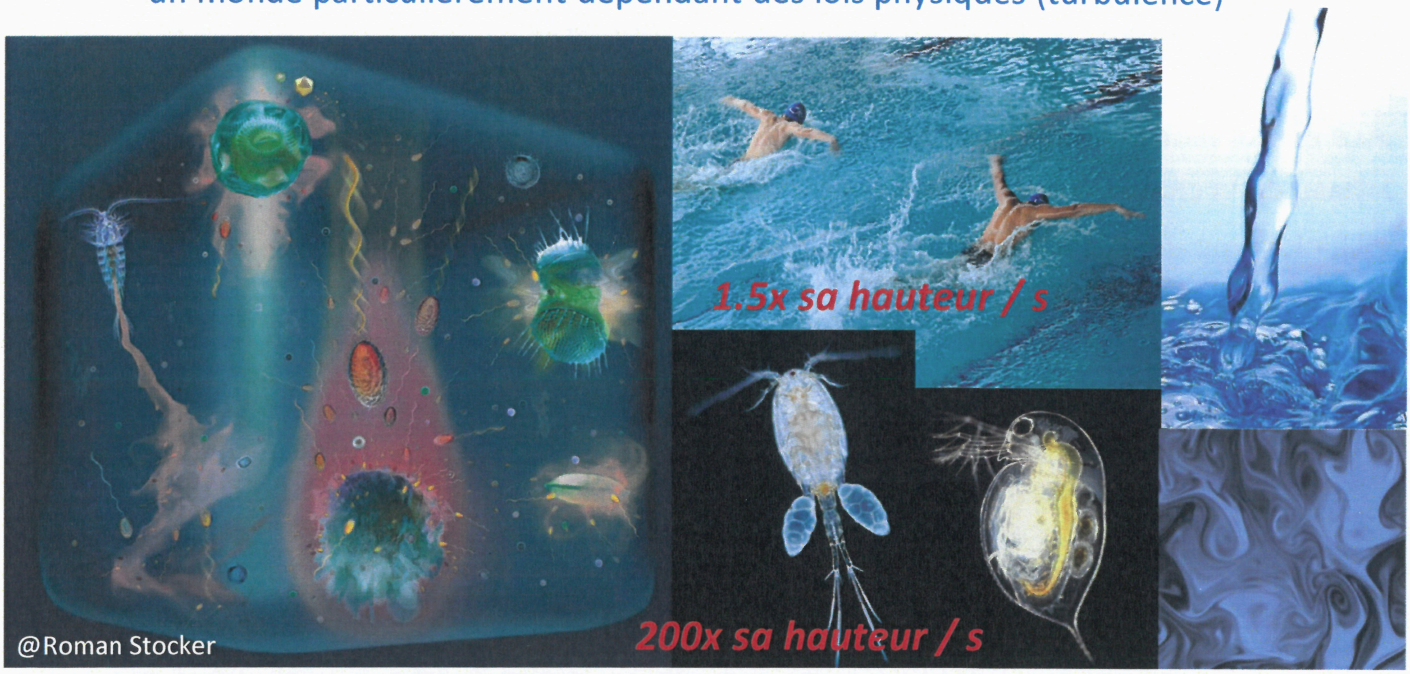
INRAE UNIVERSITÉ DE RENNES 1

Immergeons-nous dans le milieu aquatique, monde assez particulier,

Le milieu aquatique, un monde visqueux ...

Qui est le meilleur nageur ?

un monde particulièrement dépendant des lois physiques (turbulence)

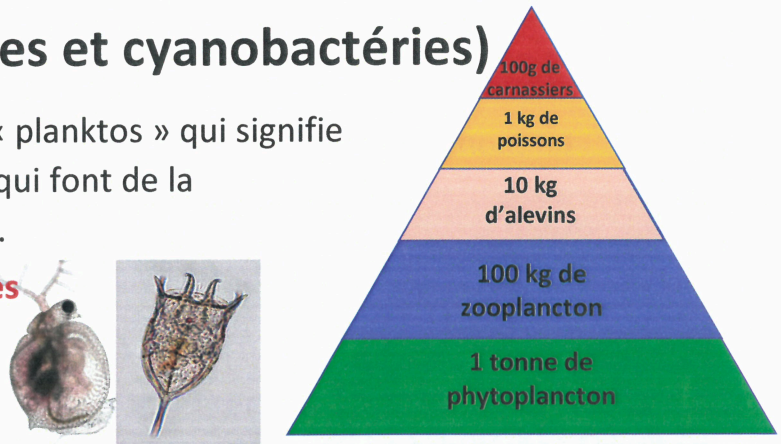


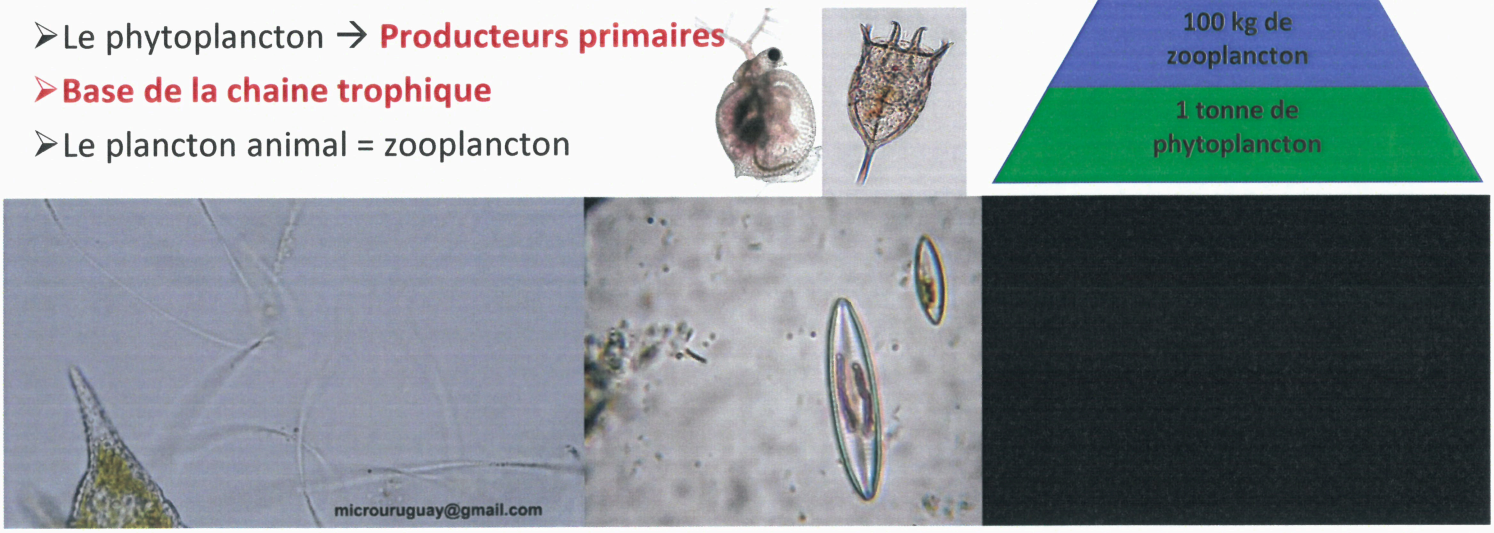
Imaginez que la pièce où vous vous trouvez est remplie d'eau. Si on prend un sucre, très rapidement il va se dissoudre parce que l'eau est un solvant universel. La deuxième propriété, c'est que si on ramène l'être humain à l'échelle des petits organismes sur les photos du milieu, c'est comme si la pièce n'était pas remplie d'eau mais remplie de miel : très facilement, on serait en suspension dans l'eau, mais se déplacer dans ce milieu sera beaucoup plus compliqué. C'est un milieu qui est très dépendant des conditions physiques du milieu, des propriétés physiques et du brassage de l'eau. Si on compare un nageur olympique avec un petit copépode, ce dernier va nager 133 fois plus vite.

Le phytoplancton (microalgues et cyanobactéries)

Du du grec phyton qui signifie « plante » et « planktos » qui signifie « errant »: ensemble des micro-organismes qui font de la photosynthèse et dérivent avec les courants.

- Le phytoplancton → **Producteurs primaires**
- **Base de la chaine trophique**
- Le plancton animal = zooplancton



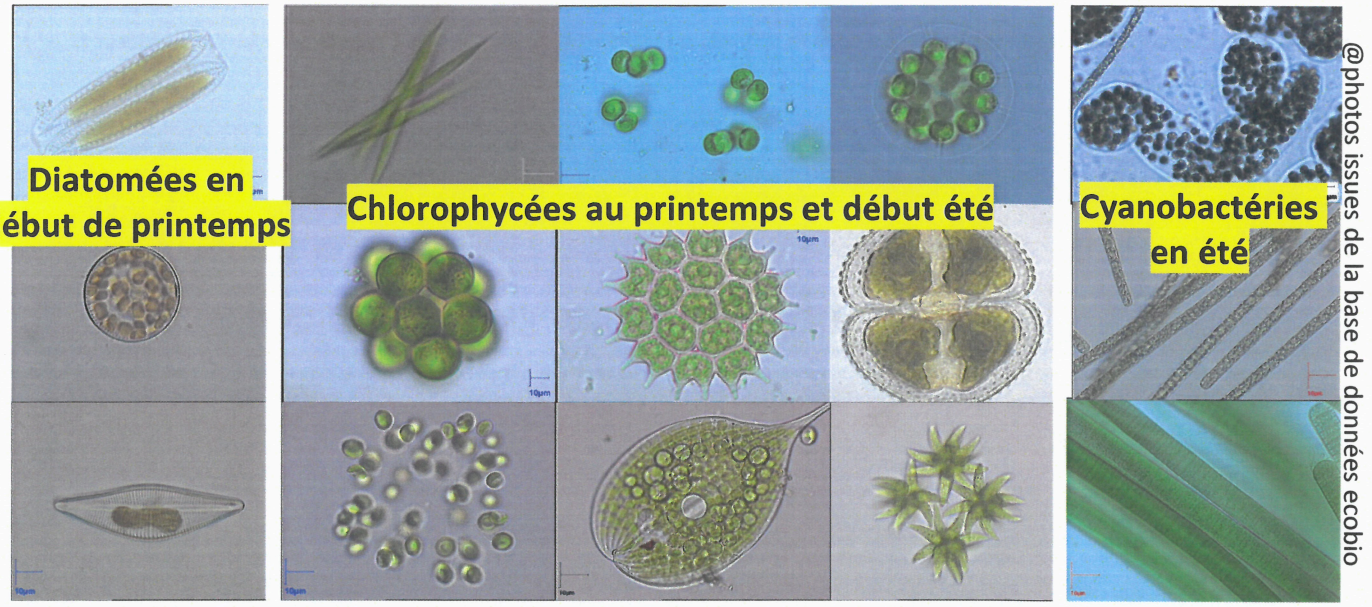


Parlons à présent du phytoplancton, qui sont un peu comme des mini plantes qui errent dans l'eau et qui sont toutes petites (en moyenne du diamètre des cheveux humains). Leur taille varie de 0.1 micron pour une bactérie à quelques cm pour les amas de cyanobactéries.
Ces plantes sont très dépendantes des processus physiques, et à leur échelle, ça bouge. Leurs cellules se déforment pour avancer et d'autres utilisent des flagelles, ce qui ne fonctionnerait pas dans l'air en milieu terrestre. C'est bien parce que ce milieu est visqueux que cela constitue un monde à part.
Ce sont des producteurs primaires qui font de la photosynthèse, ils sont à la base de la chaîne trophique. Une tonne de phytoplancton va servir à nourrir 100 kg de zooplancton (cf. petites bêtes à côté du schéma de la chaine trophique sur la diapo, qui sont les mangeurs de phytoplancton), 10 kg d'alevins, 1 kg de poissons et finalement 100 g de carnassiers
→Lorsque vous prenez un sandwich avec 100 g de thon, il faut savoir qu'il a fallu une tonne de phytoplancton pour le produire.

pour info: Les méduses représentent les plus gros zooplanctons vivant dans les océans.

Le phytoplancton, un des groupes les plus diversifiés en espèces, mais aussi en taille, formes et de couleurs (pigments)

Un monde de compétition ! Beaucoup de joueurs ! Beaucoup de stratégies !



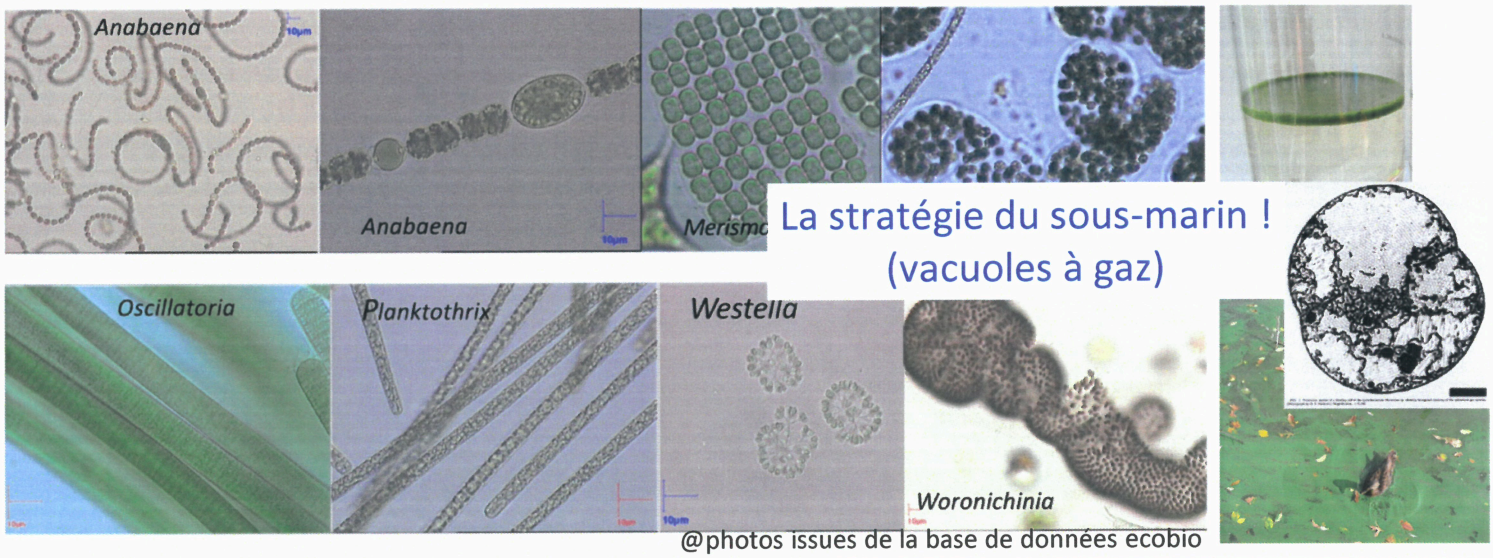
avec des changements au fil des saisons... → succession saisonnière

Le phytoplancton est un monde particulier : c'est l'un des groupes le plus diversifié, que ce soit en taille, en forme, en couleur grâce à des pigments photosynthétiques.
Au cours d'une année, il y a une succession d'espèces : des diatomées au printemps, des chlorophycées un peu après, puis des cyanobactéries en été. Il y a donc plein d'espèces en compétition, qui ont des stratégies pour gagner car elles ont toutes le même but : se multiplier sans être mangées.

Les cyanobactéries…

Font partie intégrante des écosystèmes naturels depuis 3,8 milliards d'années

→ les premiers organismes sur Terre (« architectes de l'atmosphère terrestre »)



@photos issues de la base de données ecobio

Prenons l'exemple des cyanobactéries, qui sont les premiers organismes arrivés sur Terre. Elles font partie intégrantes de nos écosystèmes. Elles ne sont pas en train d'envahir nos lacs, car elles ont toujours été là mais en moins grande quantité.
Étant donné qu'elles font la photosynthèse, c'est grâce à elles que l'on a eu notre atmosphère, au moins au début. **Le phytoplancton d'eau douce et marin produit la moitié de l'oxygène que l'on respire**.

Une des stratégies développée par ces cyanobactéries est de produire des bulles de gaz. Sur la photo à droite au milieu, vous avez la coupe d'une cellule : ce que vous voyez en nid d'abeille, ce sont des bulles d'air. Imaginez dans notre pièce remplie d'eau si on met plein de bouées, que va-t-il se passer ? On va tous se coller au plafond. **Les cyanobactéries, en produisant des bulles de gaz, sont ainsi capables de contrôler leur position dans la colonne d'eau**. Cette stratégie entraîne cette accumulation sous forme de biomasse, qui ressemble à de la crème verte à la surface des plans d'eau quand il y en a beaucoup.

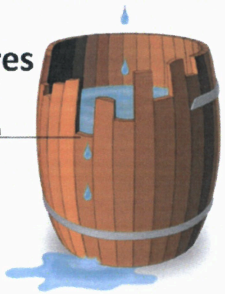
Qu'est-ce que l'eutrophisation ?
(du grec "eu" qui signifie "bien" et "trophos" qui signifie "nourri »)

Les plans d'eau sont
des réceptacles des flux
du bassin versant
→ premiers touchés par
l'accumulation de nutriments qui
vont être stockés dans leurs
sédiments
= sentinelles de l'environnement

mais que se passe-t'il ?

Si on était en médecine, quand on parle d'eutrophisation, on parlerait d'obésité. Ce sont des écosystèmes qui sont « bien nourris ». Le problème est que les plans d'eau sont les réceptacles du bassin versant et vont donc recevoir tout ce qui vient de l'amont. Cela va être stocké un moment dans le plan d'eau, puis va stagner et on va avoir des développements plus ou moins incontrôlés. C'est pour cela que l'on peut comparer ces plans d'eau à des sentinelles de l'environnement.

Les facteurs de contrôle de la croissance des producteurs primaires



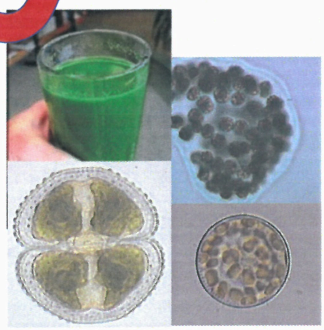
> Notion de facteur limitant

LUMIERE

NUTRIMENTS (N, P, Si)

ZOOPLANCTON

TURBULENCE



DIOXIDE DE CARBONE

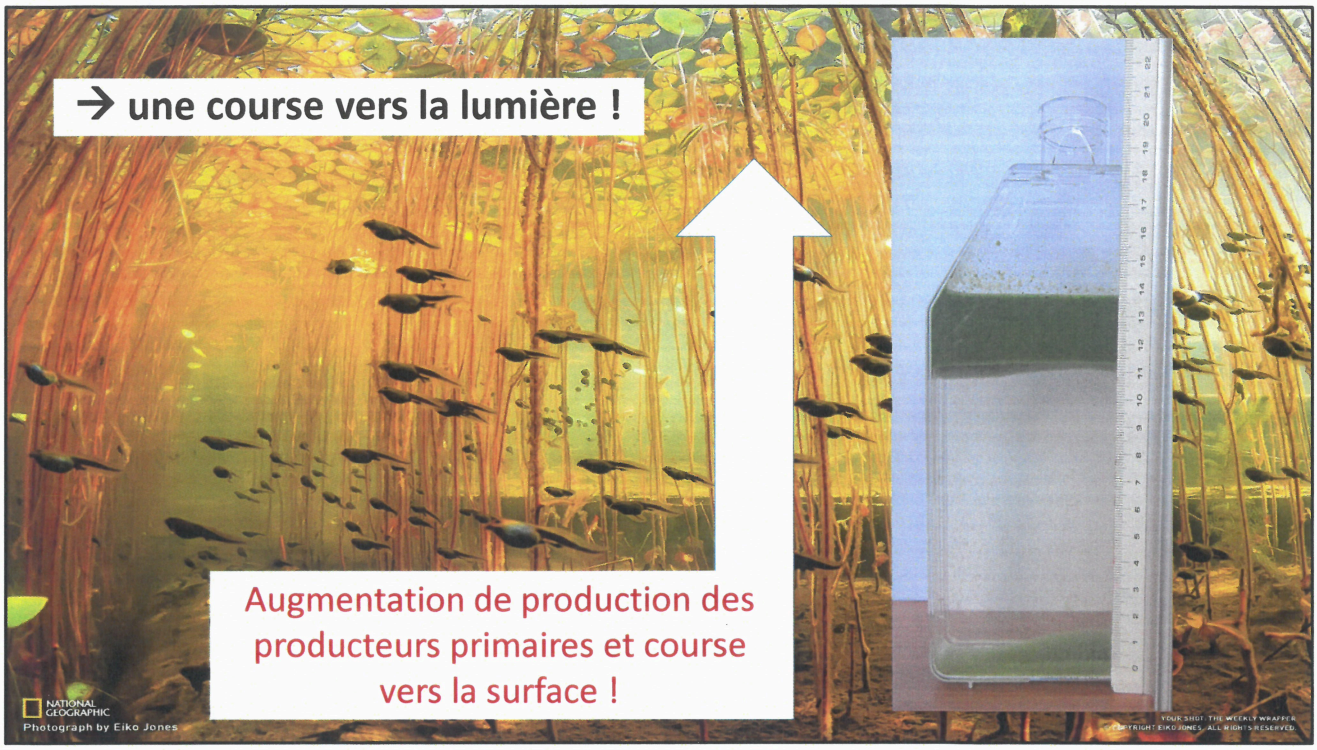
TEMPERATURE DE L'EAU

Que se passe-t-il quand on a une eau qui devient eutrophe, c'est-à-dire chargée en nutriments ?
Le phytoplancton, comme tout producteur primaire (y compris vos plantes vertes), va avoir **besoin de lumière** en quantité et en qualité, **de nutriments (azote, phosphore, silice, etc.)** avec des stratégies différentes d'assimilation pour être meilleur à récupérer l'azote ou stocker le phosphore par exemple.
Le phytoplancton **dépend également** :

- Du dioxyde de carbone, élément rarement limitant sauf à forte biomasse, car il y en a beaucoup dans l'atmosphère et dans l'eau.
- De la température de l'eau, avec des organismes comme les cyanobactéries qui aiment les eaux chaudes et d'autres comme les diatomées qui préfèrent les eaux froides.
- Du zooplancton, qui sont les consommateurs de phytoplancton (il y a plein de stratégies selon les espèces pour ne pas être mangé).
- De la turbulence (mélange). Dans notre pièce pleine d'eau où l'on est tous en suspension, il y en a qui vont aimer si ça bouge et d'autres non. C'est pareil pour le phytoplancton, mais ce sont surtout les grosses espèces qui vont l'apprécier.

Dans un plan d'eau, on peut espérer trouver 30 à 40 espèces phytoplanctoniques et cela va changer au cours du temps. On peut prédire les conditions locales (turbulence, nutriments, lumière) en fonction de la composition en phytoplancton.

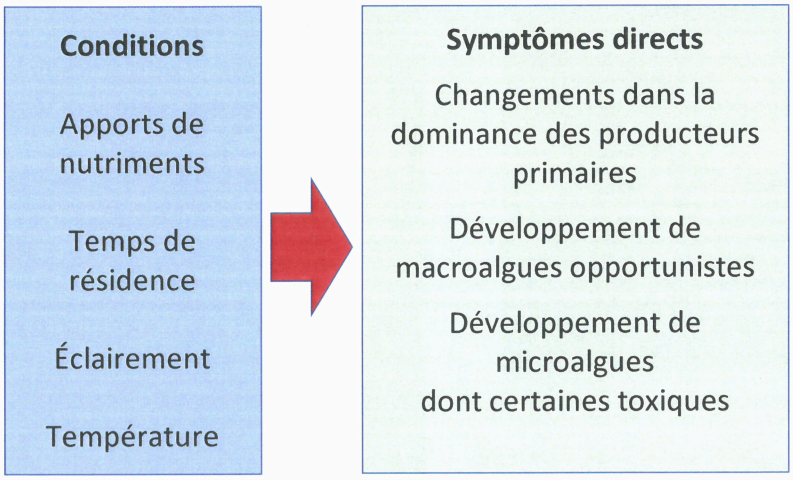
La notion de facteur limitant est importante, on peut l'illustrer avec l'image du tonneau : à l'intérieur, on a la biomasse possible de phytoplancton et chaque latte est l'un des éléments nécessaires aux différentes espèces. **En eutrophisant**, on a commencé à « boucher » ces lattes : par exemple, le phosphore devient moins limitant. Ce qui devient alors limitant en haut du tonneau, c'est la lumière → Illustration : on observe assez bien dans le verre plein de phytoplancton (photo au centre), que l'on ne voit pas le doigt à un cm, il y a beaucoup trop d'individus qui se font de l'ombre ; on a trop nourri le phytoplancton et c'est la lumière qui devient le fameux facteur limitant..



Reprenons l'image de la pièce remplie d'eau. Concrètement le but est d'aller vers la lumière. Celle-ci est tout en haut, donc on va avoir une course des producteurs primaires vers la surface. Non seulement, le but est de monter, mais c'est aussi d'avoir une biomasse de plus en plus concentrée vers la surface. Il y a différentes stratégies, comme celle du nénuphar par exemple, mais aussi celle des cyanobactéries.
La photo du flacon représente un prélèvement d'eau brut dans un barrage breton, que l'on a laissé décanter. On voit cette accumulation de 2 cm de cyanobactéries qui essaient de remonter à la surface, ce n'est plus viable en milieu naturel ; et on voit la population qui commence à mourir, avec des cyanobactéries qui retombent au fond.

Qu'est que l'eutrophisation ?

→ Processus de dégradation d'un écosystème aquatique sous l'effet d'apports de nutriments



D'après de Jonge *et al.* (2002)

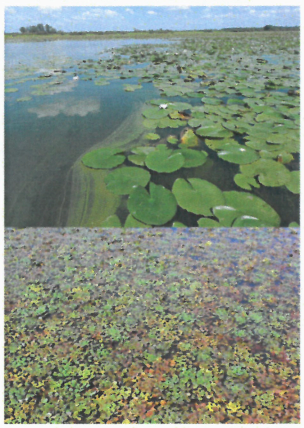
L'eutrophisation est un processus de dégradation d'un écosystème aquatique sous l'effet d'apports en excès de nutriments, principalement l'azote et le phosphore.
Ces apports de nutriments ne seront pas suffisants pour voir des symptômes de dégradation de l'écosystème aquatique, il faudra des cofacteurs. Si on est en présence d'une rivière riche en nutriments, mais recouverte de ronciers empêchant l'arrivée de la lumière, il n'y aura pas de symptômes. Pour que ceux-ci apparaissent, il faut que l'eau reste un certain temps (temps de résidence), qu'il y ait de la lumière et de la chaleur. Cela entraîne une modification des producteurs primaires, des développements de macro-algues opportunistes et de microalgues, dont certaines seront toxiques.

Quel producteur primaire va pousser ? Il n'y a pas que le phytoplancton!

Les différents types de macrophytes aquatiques

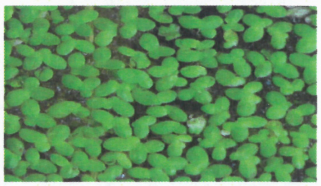
... submergées

... enracinées à feuilles flottantes



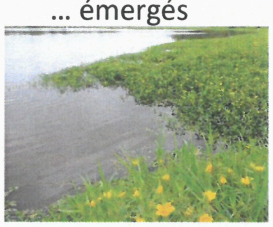
Photographie : J.-M. Gillier

... flottants librement



Photographie : Jean-Pierre Ring
Saint Sardos Tarn et Garonne (82)

... émergés



→ fonction de la transparence de l'eau (→phytoplancton), de la profondeur, la stabilité du sediment, de la vitesse du courant (arrachage), de la pollution chimique (herbicides)

Il n'y a pas que le phytoplancton, il y a aussi des macrophytes aquatiques, qui sont de différents types :

- Les submergées : elles vont faire des tapis au fond des plans d'eau ou des cours d'eau, mais il faut que la lumière atteigne le fond pour qu'elles survivent
- Les enracinées à feuilles flottantes : on y trouve le nénuphar ou la châtaigne d'eau, qui on une stratégie de ramener les feuilles en surface, ce qui ne les limitent plus pour percevoir la lumière
- Celles qui flottent librement (typiquement la lentille d'eau observée dans les plans d'eau) : ce sont des espèces pouvant être perturbées par le vent qui va les pousser sur les côtés
- Les émergées : il existe beaucoup d'espèces

Le type de macrophytes ou de phytoplancton que l'on peut avoir va être fonction

- de la transparence de l'eau (donc fonction de la quantité de phytoplancton présente dans l'eau),
- de la profondeur de la masse d'eau,
- de la stabilité du sédiment,
- de la vitesse du courant (une vitesse trop élevée du courant de la rivière va tout arracher),
- de la pollution chimique (sensibilité aux herbicides).

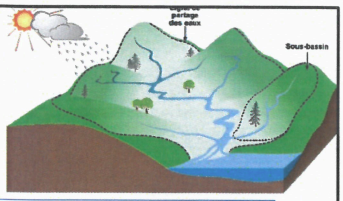
Les macrophytes invasives en profitent !

Les nutriments sont **stockés temporairement** dans ces biomasses. Ils sont restitués lors de la dégradation de cette matière organique.

Une continuité des flux de nutriments de la terre à la mer...

Certaines macrophytes vont pouvoir profiter de l'eutrophisation et se développer de façon excessive et récurrente.
On pourrait se dire que c'est une bonne chose puisque cette production végétale va stocker temporairement les nutriments mais ces macrophytes ne vont vivre que quelques semaines à quelques mois. Si c'est un bloom de phytoplancton, cela ne dure que quelques jours. Toute cette matière organique va se décomposer rapidement et va libérer à nouveau ces nutriments qui vont aller un peu plus loin, entraînant une continuité des flux de nutriments jusqu'à la mer.

et une fois en zone côtière ?

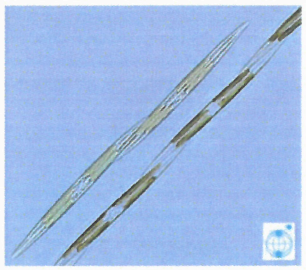


Le problème d'eutrophisation continue avec de nouveaux producteurs primaires opportunistes !

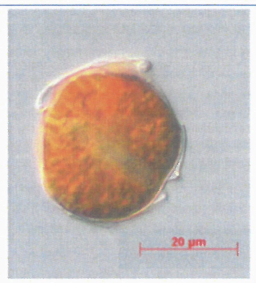
Macroalgues

Ulva lactuca

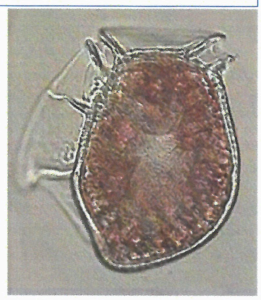
Microalgues



Diatomées
Pseudo-nitzschia pungens



Dinoflagellés, *Alexandrium*

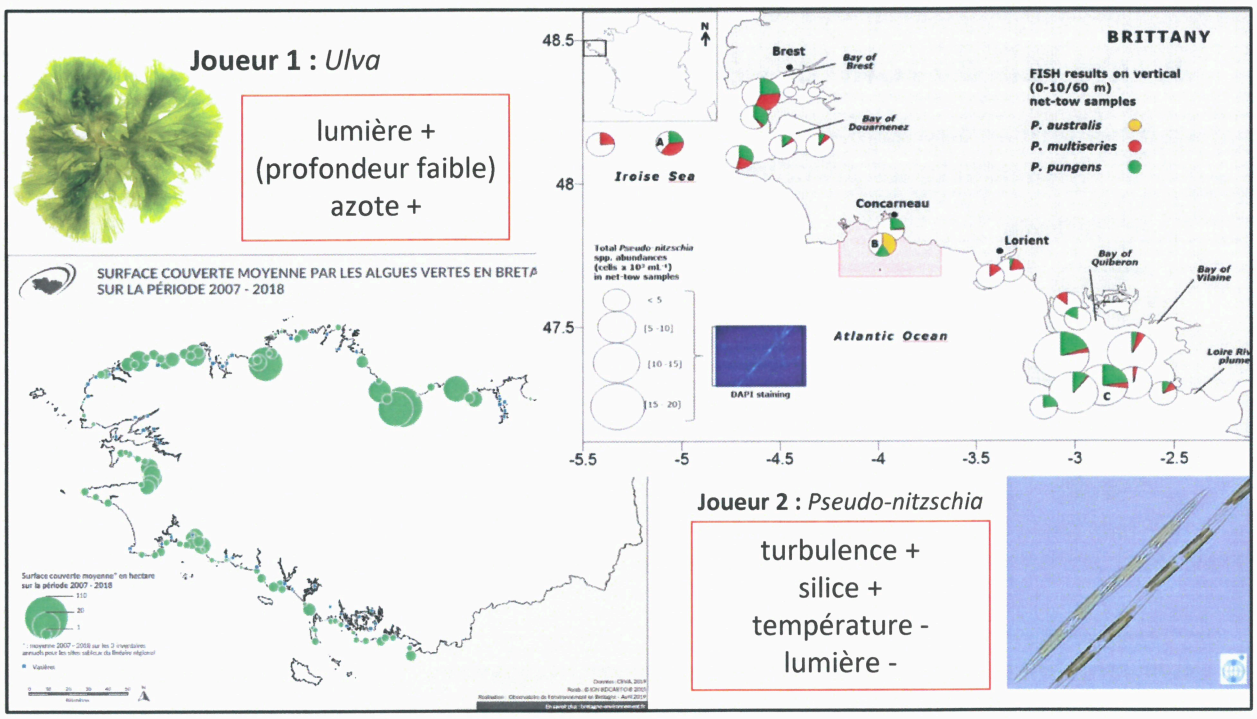


Dinoflagellés, *Dinophysis*

Des **biomasses élevées** qui s'échouent sur les plages

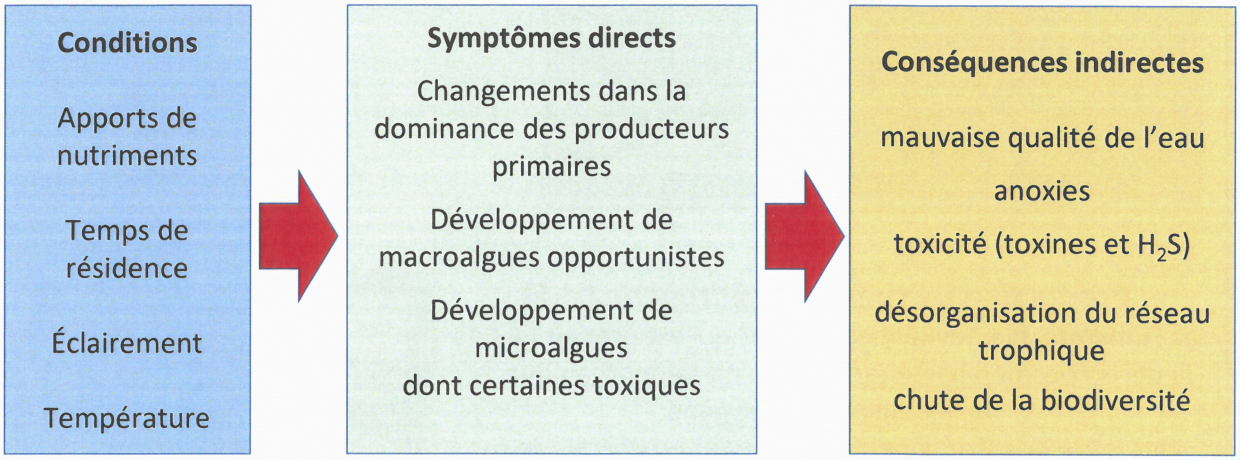
Des développements d'**espèces toxiques** avec des répercussions économiques fortes pour la production des coquillages (huitres, moules, St-Jacques, ...)

Une fois à la mer, que se passe-t-il ? Le problème d'eutrophisation va se poursuivre, mais avec de nouvelles espèces de producteurs primaires opportunistes, comme des macroalgues (ex : l'ulve) et des microalgues dont beaucoup sont toxiques. Les toxines produites par ces microalgues peuvent s'accumuler dans les coquillages qui vont mettre des semaines voire des mois à se détoxifier, entraînant une impossibilité de consommation par les humains.



Pour illustrer les éléments mentionnés précédemment, on peut voir (à gauche) que l'ulve est assez présente et va se développer dans les baies peu profondes avec de la lumière et de l'azote.
Concernant les microalgues, *Pseudo-nitzschia* est une diatomée toxique qui a besoin de silice, d'un milieu un peu turbulent et de température et lumière intermédiaires.
En fonction des conditions, on va pouvoir avoir différentes proliférations.

Qu'est que l'eutrophisation ?
→ Processus de dégradation d'un écosystème aquatique sous l'effet d'apports de nutriments

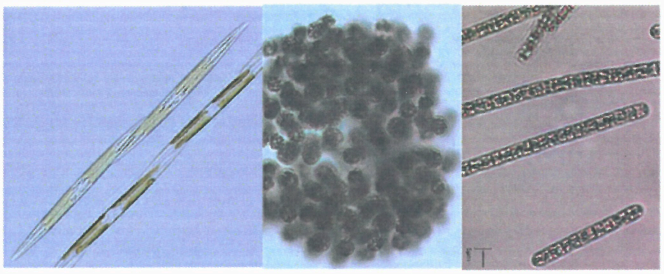


Or la biodiversité est une assurance pour les services écosystémiques !

D'après de Jonge *et al.* (2002)

On a des symptômes directs qui vont être assez conséquents et vont entraîner beaucoup de conséquences indirectes, dont on donne ici quelques exemples : une mauvaise qualité de l'eau, des anoxies puisque ces espèces respirent et entraînent une baisse d'oxygène (accélérée lors de leur décomposition), de la toxicité (toxines et H_2S), une désorganisation de tout le réseau trophique et une chute de la biodiversité.
La biodiversité, c'est vraiment l'assurance de nos services écosystémiques. Prenons l'exemple de la pollinisation : elle dépend des abeilles, des syrphes, des bourdons... Plus on aura une diversité importante de ces pollinisateurs, plus on va pouvoir maintenir ce service de pollinisation. On voit des endroits maintenant où il est nécessaire d'utiliser des drones pour remplacer les pollinisateurs.
On va maintenant détailler les impacts des proliférations.

Impacts sanitaires de ces proliférations : la toxicité

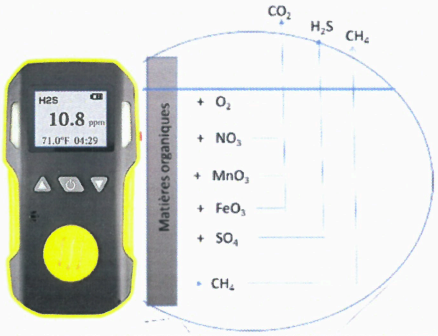


Production de toxines en eau douce et marine

- Les hépatotoxines
- Les neurotoxines
- Les dermatotoxines

Production de sulfure d'hydrogène (H_2S)

gaz inflammable, toxique et odorant qui est produit lors de la décomposition bactérienne de la matière organique, en milieu pauvre en oxygène.
Plus lourd que l'air, il peut s'accumuler en poches de gaz dans la matière en décomposition.



Beaucoup de cyanobactéries d'eau douce et de diatomées en mer ont un **impact sanitaire**, par la toxicité notamment. Il y a plein de types de toxines, mais les trois principaux sont :

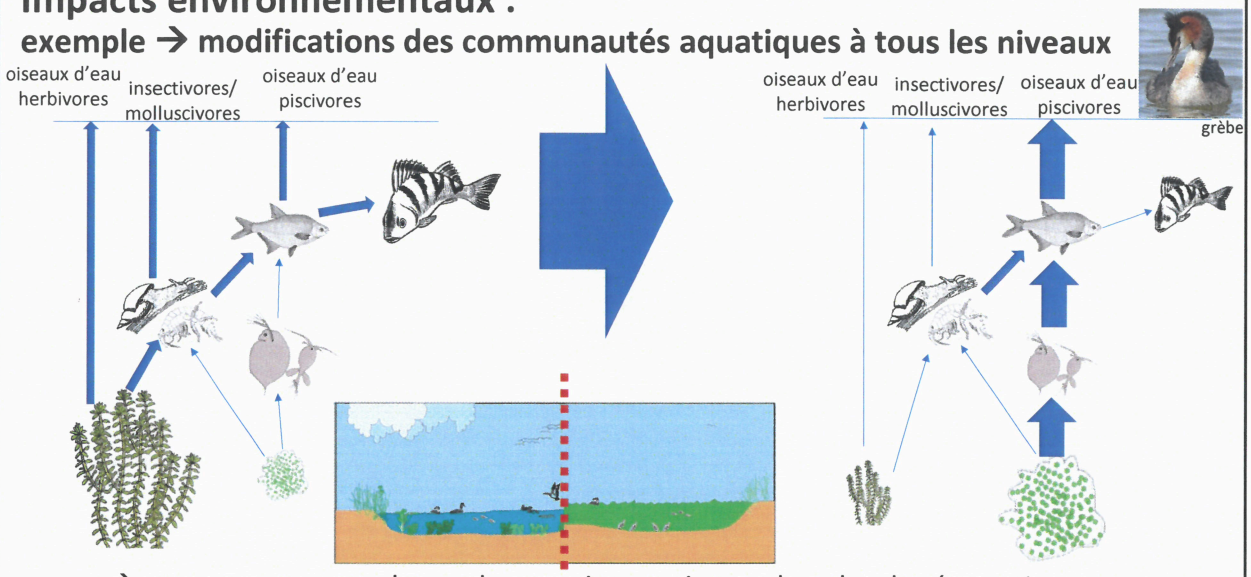
- **Les hépatotoxines (pour le foie) :**
  Inhibent la synthèse des protéines, elles se lient à la phosphatase des protéines des cellules du foie.
  Conséquences : altération des cellules du foie, insuffisance hépatique, cancer du foie.
  Apparaît en quelques heures à quelques années.

- **Les neurotoxines (sur le cerveau) :**
  Perturbent la transmission nerveuse, par blocage des canaux Na^+.
  Conséquences : maux de tête, vomissements, diarrhées, paralysie... qui peuvent provoquer la mort.
  Apparaît en quelques heures.

- **Les dermatotoxines (sur la peau)**
  se fixent sur les membranes cellulaires.
  Conséquences : allergies cutanées, inflammations, démangeaisons, ... qui peuvent nécessiter une hospitalisation
  Apparaît en quelques heures à quelques jours.

Une autre forme de toxicité est celle liée à l'accumulation de biomasse en décomposition qui entraîne une disparition de l'oxygène. Lors de cette décomposition, l'un des gaz libéré est le sulfure d'hydrogène. Il est mortel à forte concentration : comme il est plus lourd que l'air, il va avoir tendance à s'accumuler en poches qui peuvent se libérer lorsqu'on marche ou manipule les dépôt d'algues vertes échouées et en décomposition. Ce gaz mortel est connu dans les stations d'épuration et en sortie d'égouts où les techniciens doivent porter le capteur figurant sur la photo.

Impacts environnementaux :
exemple → modifications des communautés aquatiques à tous les niveaux



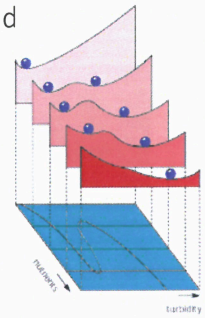
→ un processus avec de nombreuses interactions et boucles de rétroaction

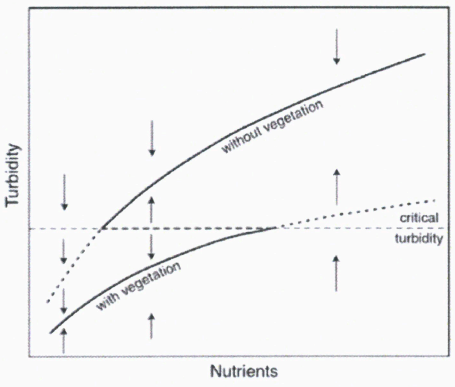
→ perte de diversité et homogénéisation rapide des communautés aquatiques

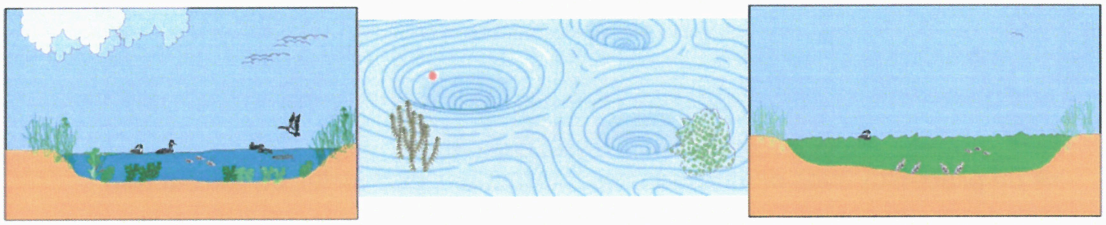
On a aussi des **impacts environnementaux très importants**, avec des modifications des communautés aquatiques à tous les niveaux.
Sur la gauche, on a l'exemple d'un lac oligotrophe, avec une grande diversité de plantes au fond, ce qui crée différents habitats permettant des espèces de zooplancton, d'invertébrés et de poissons variées. On a un réseau trophique équilibré, que l'on va voir jusqu'aux oiseaux (il y aura des herbivores, insectivores, mollusquivores, piscivores,..).
Une eutrophisation va engendrer le développement du phytoplancton, l'eau va devenir verte (dessin de droite) et on va avoir un phénomène de bascule. Il n'y aura plus de lumière pour le fond, donc toutes les macrophytes au fond vont mourir et favoriser les espèces de poissons fouisseurs. Tout le réseau trophique va être impacté, jusqu'aux oiseaux où on va avoir une dominance des piscivores.
Il y a de nombreuses interactions et de boucles de rétroaction dans l'eutrophisation qui fait que ce n'est pas simple à résumer et modéliser. On voit toutefois bien qu'il y a une homogénéisation des habitats sur le dessin de droite avec une perte de biodiversité.
L'eutrophisation réduit le volume et la diversité des habitats, ainsi que la diversité et la distribution des ressources → deux facteurs qui affectent la forme et la force de la sélection écologique et sexuelle

Des phénomènes de bascule !

Plusieurs états écologiques stables mais d
transitions brutales (points de bascule)







L'arrivée du changement climatique se traduit non seulement par une augmentation de la température moyenne, mais également par une augmentation de la fréquence des canicules. Il y a aussi un changement dans le régime des précipitations.
Une étude de 2008 a démontré que les canicules augmentent le risque de cyanobactéries. En 2003, année avec l'été le plus chaud depuis 500 ans en Europe et qui s'est répété depuis plusieurs fois, on a observé 5 fois plus de blooms de la cyanobactérie *Microcystis* par rapport à ce que l'on observe les autres années.
Sur le graphique du haut, on observe la courbe de la cyanobactérie *Microsystis* qui va aimer les eaux à 28/30°, par rapport aux autres groupes. Dans nos plans d'eau peu profonds, l'eau atteint sans problème en été les 30/33°.
En bas, le schéma de gauche représente les biomasses de cyanobactéries, et à droite les biomasses des autres groupes. Il faut noter que cette courbe de concentration est à une échelle de 1 pour les diatomées (rouge) et les algues vertes (vert) contre une échelle à 400 pour les cyanobactéries (bleu).
Ces épisodes vont être particulièrement forts dans les plans d'eau peu profonds parce qu'ils ont une faible inertie thermique (ils chauffent vite et refroidissent vite), et comme ils sont turbides, ils chauffent plus vite. Si l'eau était transparente, ils chaufferaient moins vite. De ce fait, très régulièrement, on dépasse les 30° en surface, avec un effet boost sur les cyanobactéries.

Effet synergique : le changement climatique amplifie les symptômes d'eutrophisation

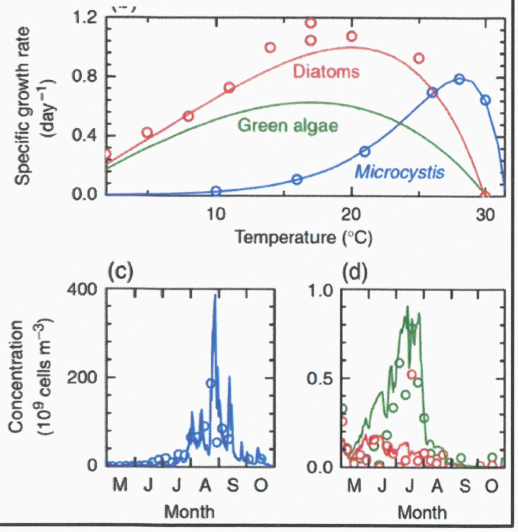
Changement climatique → augmentation de la température moyenne et de la fréquence des vagues de chaleur + changement dans le régime des précipitations

Les vagues de chaleur estivales favorisent la prolifération de cyanobactéries nuisibles (Johnk et al. 2008).

Année 2003 = été le plus chaud depuis 500 ans en Europe
→ 5 fois plus de blooms de *Microcystis*

→ épisodes particulièrement forts dans les plans d'eau peu profonds (turbides et faible inertie thermique)

Température de l'eau > 30°C
Des stratifications thermiques journalières de 10°C entre la surface et le fond !

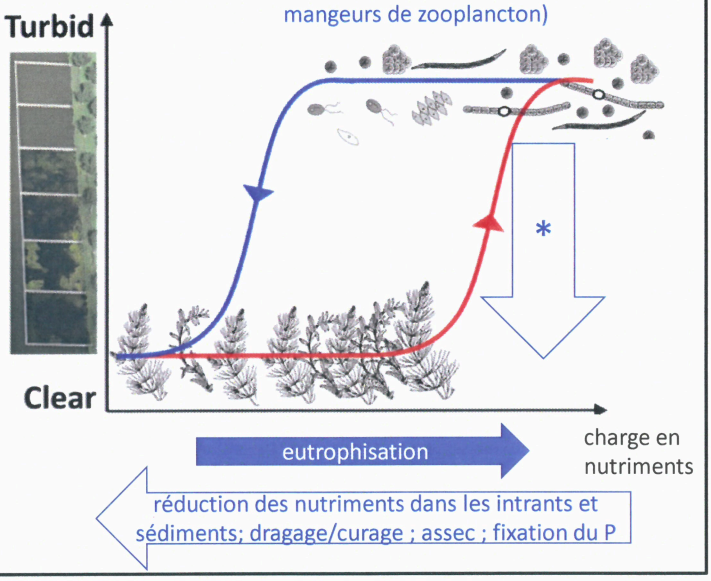


L'arrivée du changement climatique se traduit non seulement par une augmentation de la température moyenne, mais également par une augmentation de la fréquence des canicules. Il y a aussi un changement dans le régime des précipitations.
Une étude de 2008 a démontré que les canicules augmentent le risque de cyanobactéries. En 2003, année avec l'été le plus chaud depuis 500 ans en Europe et qui s'est répété depuis plusieurs fois, on a observé 5 fois plus de blooms de la cyanobactérie *Microcystis* par rapport à ce que l'on observe les autres années.
Sur le graphique du haut, on observe la courbe de la cyanobactérie *Microsystis* qui va aimer les eaux à 28/30°, par rapport aux autres groupes. Dans nos plans d'eau peu profonds, l'eau atteint sans problème en été les 30/33°.
En bas, le schéma de gauche représente les biomasses de cyanobactéries, et à droite les biomasses des autres groupes. Il faut noter que cette courbe de concentration est à une échelle de 1 pour les diatomées (rouge) et les algues vertes (vert) contre une échelle à 400 pour les cyanobactéries (bleu).
Ces épisodes vont être particulièrement forts dans les plans d'eau peu profonds parce qu'ils ont une faible inertie thermique (ils chauffent vite et refroidissent vite), et comme ils sont turbides, ils chauffent plus vite. Si l'eau était transparente, ils chaufferaient moins vite. De ce fait, très régulièrement, on dépasse les 30° en surface, avec un effet boost sur les cyanobactéries.

Recherche de « solutions » pour 'limiter' les cyanobactéries (effets limités dans le temps et espace)

Actions sur les symptômes (curatif):

- Précipitation chimique du phosphore et de la matière organique grâce à des sels de calcium (chaux).
- Aération / mélange: déstratification (supprime l'anoxie et le relargage de phosphore par les sédiments. + effet « défavorable» à certaines cyanobactéries) mais effet local



D'après Lürling et al. 2020

Vous allez certainement vouloir des solutions pour limiter les impacts. En revenant au schéma présentant la partie plante avec une eau transparente d'un côté et une eau turbide pleine de cyanobactéries de l'autre, avec l'action de l'eutrophisation.
Parmi les moyens curatifs, il y a l'utilisation d'algicides (ex. sulfate de cuivre), la floculation de la matière organique, la biomanipulation qui consiste à réduire les mangeurs de zooplancton (communautés de poissons). Ces actions peuvent ramener rapidement une eau beaucoup plus transparente. Toutefois, comme on a ce phénomène de bascule, l'état n'est pas stable et va retourner systématiquement vers le haut dans un état eutrophisé, ce ne sera qu'une question de temps.
La meilleure solution consiste à réduire les nutriments, c'est-à-dire les intrants mais également ce qui est stocké dans le sédiment (curage, dragage, mise en assec). Ce sera le seul moyen pour revenir à l'état initial.
Il existe également des méthodes comme la dé-stratification pour enlever l'anoxie, puisqu'elle entraîne une mortalité très rapide des poissons et du relargage des nutriments. Cette solution présente souvent un effet assez local qui risque de favoriser davantage d'autres espèces qui apprécient la turbulence.

Représentation schématique des quatre étapes de l'oligotrophisation des plans d'eau

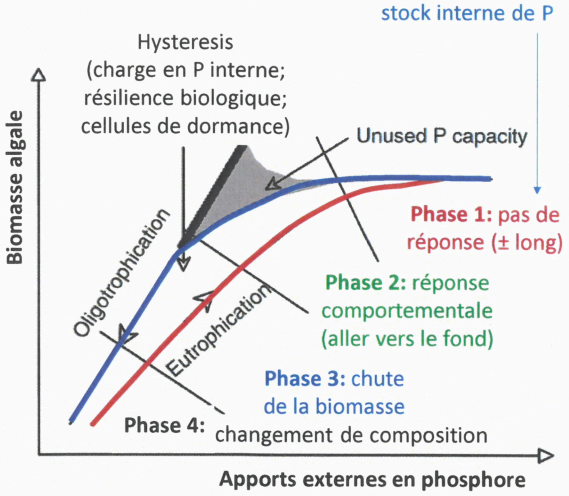
Première action: la baisse des flux entrants

Phase 1: pas de réponse. L'excès de P disponible évacué du lac sans réduction de la population d'algues. étape durable.

Phase 2 (plan d'eau profond seulement): algues de plus en plus limitées en P : course vers le fond ! La transparence augmente rapidement.

Phase 3: diminution significative de la biomasse proportionnellement à la réduction du P.
Phase plus prononcée et rapide dans les lacs stratifiés que dans les peu profonds (charge interne → effet "mémoire")

Phase 4: la composition des espèces de phytoplancton change → **nouvel état d'équilibre.** L'abondance absolue et relative des cyanobactéries diminue. La diversité des espèces augmente.



Istvanovics 2009 Inland waters

Nous allons expliquer à présent les 4 étapes progressives de l'oligotrophisation (inverse de l'eutrophisation en réduisant les nutriments entrant dans le plan d'eau) :

- En premier, il n'y aura pas de réponse et cela peut durer longtemps (jusqu'à plusieurs décennies). On réduit les intrants, mais le plan d'eau a une charge telle que la biomasse ne va pas baisser. Ça va vraiment prendre un certain temps pour qu'on commence à passer en phase 2 et que ça commence à baisser. C'est une étape durable.
- Ensuite, la 2ème phase s'observe surtout pour les plans d'eau profonds, c'est-à-dire les plans d'eau qui stratifient qui font plus de 3 mètres de profondeur moyenne. La transparence va augmenter rapidement, parce qu'au lieu de faire une course vers la surface, les producteurs primaires vont faire une course vers le fond où se trouvent les nutriments (phosphore). On va favoriser les espèces qui ont des stratégies pour récupérer la lumière même s'il n'y en a pas beaucoup.
- La phase 3 concerne une diminution de la biomasse des producteurs primaires qui sera proportionnelle à la diminution en phosphore. Cette étape est plus marquée dans les lacs stratifiés où il y a cette séparation entre le sédiment et la lumière, car leur hauteur d'eau fait que leur récupération est beaucoup plus rapide. Dans les lacs peu profonds, les sédiments provoque un effet « mémoire » qui va faire durer le processus.
- La dernière phase, c'est la modification de la composition du phytoplancton, avec la quasi-disparition des cyanobactéries et une augmentation de la diversité. Les grands lacs alpins ont réussi à atteindre ces différentes phases, comme les lacs d'Annecy, Léman, Le Bourget.

On peut espérer que nos lacs profonds comme la Chèze ou Rophémel, passent progressivement ces étapes si il y a une réduction significative de la charge en nutriment. Pour les plans d'eau peu profonds, il est certain que ça va prendre plus de temps.

Et pour les plans d'eau peu profonds?

- L'oligotrophisation des plans d'eau peu profonds (<3m) va prendre plus de temps que les lacs profonds (stratifiés)
- L'augmentation de température ralentit le processus d'oligotrophisation, tandis que le manque d'eau concentre encore plus les masses d'eau.
- Les plans d'eau peu profonds: 'bloqués' en phase 1 (remobilisation du P stocké)
  - ❖En attendant, restaurer la diversité des habitats pour promouvoir la biodiversité
  - ❖favoriser les zones de macrophytes (habitats et refuge) → **organismes ingénieurs**
- Exemple du lac de Grand-Lieu près de Nantes:

un lac hypereutrophe et pourtant un des plus diversifié en plancton!

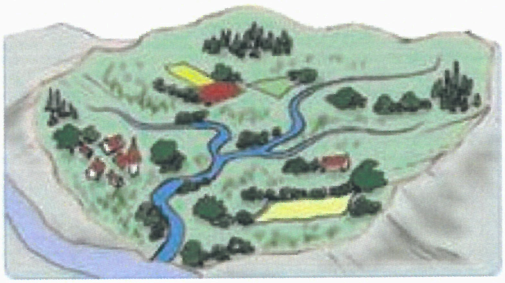
Pour les plans d'eau peu profonds, l'oligotrophisation prendra du temps parce que le changement climatique va aussi ralentir leur réponse, et la charge en phosphore dans le sédiment est importante.
Ils vont être bloqués un certain temps sur la première phase. En attendant, l'objectif est de restaurer la biodiversité et de promouvoir des habitats en favorisant des développements de macrophytes non invasifs (ex. le nénuphar) grâce à des pentes douces. C'est comme remettre des chênes au milieu des prairies, cela va attirer de nouvelles espèces avec un effet refuge vis-à-vis des prédateurs, mais également un effet thermique utile à l'avenir.
Le lac de Grand Lieu près de Nantes est hyper-eutrophe, mais c'est l'un des plus diversifiés en plancton (phyto- et zoo- plancton). Ceci est lié à sa taille et à sa configuration : la zone verte sur la photo est pleine de nénuphar et la zone bleue est en eau libre. es deux zones sont tellement différentes qu'on pourrait croire qu'il y a deux plans d'eau. Il n'y a presque pas de nutriments dans la zone à nénuphar puisque tout est pompé par les macrophytes. Dans le secteur en eaux libres, il y a beaucoup de nutriments et de cyanobactéries, avec deux fois moins de diversité en zooplancton.

NATIONAL GEOGRAPHIC
Photograph by Eiko Jones
MERCI !
YOUR SHOT: THE WEEKLY WEAPPER
COPYRIGHT EIKO JONES. ALL RIGHTS RESERVED.

Transferts de nutriments à l'échelle du bassin versant

R. Dupas, P. Durand* et O. Fovet

INRAE - UMR SAS, Rennes



EAUX ET VILAINE : CLE du 6 mai 2022 – Uzel

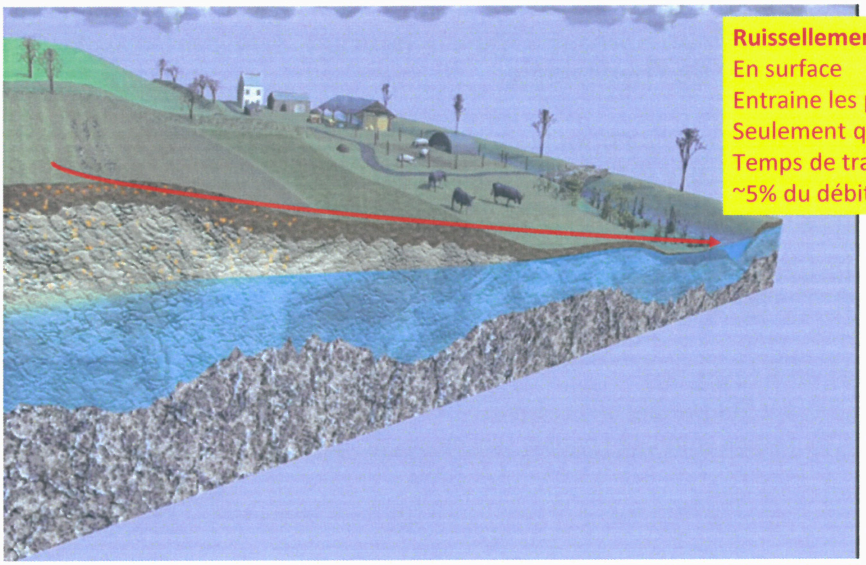
* Directeur de recherche à l'INRAE, où il travaille essentiellement sur les questions de relations entre agriculture et qualité de l'eau, et notamment ce qui concerne les transferts de nutriments.

Les pollutions diffuses et ponctuelles

- Diffuses : émissions « un peu partout » dans le paysage, transfert sous la dépendance du climat et de l'hydrologie
- Pollutions ponctuelles : sources bien localisées, en des points précis. Les émissions peuvent dépendre ou pas du climat, le transfert est en général artificiel et concentré (émissaires, fossés...)
- Les pollutions diffuses sont majoritairement agricoles; les pollutions ponctuelles sont d'origine domestique/industrielle/agricole
- Part du ponctuel en Bretagne?
  - Nitrate: < 5 - 10%, sur l'ensemble de la région
  - Phosphore: ~30%, forte variabilité spatiale (Legeay et al., 2017)

Commençons par quelques définitions, avec tout d'abord l'opposition entre pollutions diffuses et pollutions ponctuelles. Les premières sont des pollutions dont les émissions sont dispersées un peu partout dans l'environnement et le paysage, dont le transfert est sous la dépendance du climat et de l'hydrologie. Par exemple, s'il ne pleut pas, les pollutions diffuses n'arrivent pas jusqu'à la rivière.
À l'inverse pour les pollutions ponctuelles, les sources sont bien localisées en des points précis. Les émissions peuvent dépendre ou pas du climat. Ce sera le cas, par exemple, quand on a un débordement d'une zone de rétention à cause d'une inondation. En général, le transfert est artificiel et concentré et ne dépend donc pas forcément du climat. Il peut avoir lieu tout au long de l'année. C'est pour cette raison qu'en général les pollutions ponctuelles se concentrent quand les débits diminuent puisqu'on a les mêmes entrées mais moins de dilution.
Les pollutions diffuses, en particulier en Bretagne, sont majoritairement d'origine agricole alors que les pollutions ponctuelles peuvent être d'origine domestique, industrielle ou agricole.
La part du ponctuel en Bretagne, en moyenne est inférieure à 5% pour les nitrates à l'échelle de la Bretagne. Dans certains bassins spécifiques, où il y a beaucoup de pollutions domestiques, on peut aller jusqu'à 10% de part de ponctuel.
Pour le phosphore, c'est beaucoup plus variable, avec une moyenne de 30% d'origine ponctuelle (domestique et industriel) en Bretagne. Dans une zone fortement urbanisée avec des stations d'épuration qui ne fonctionnent pas bien, on peut aller au-delà de ces 30%.

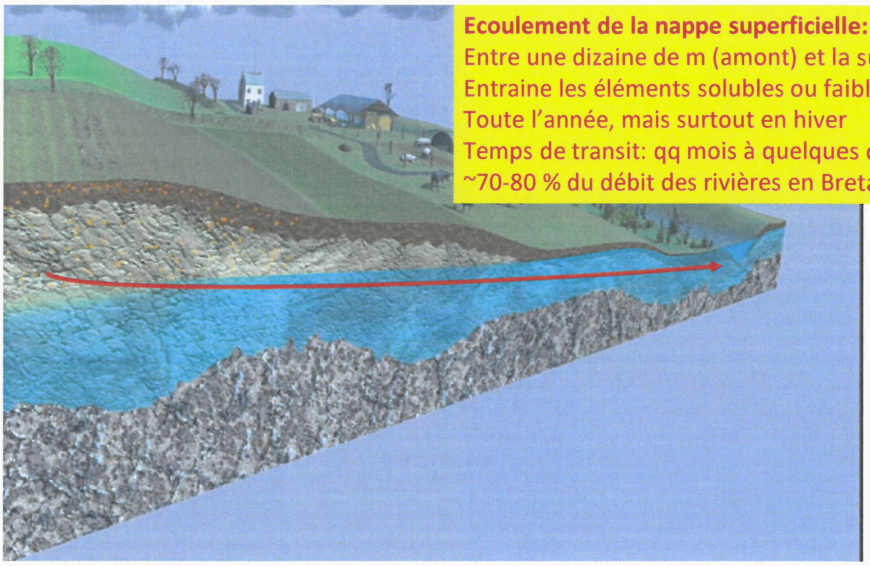
De la pluie à la rivière, comment l'eau circule dans les bassins versants



Source : UVED, Aurelie Rio et al.
https://www.canal-u.tv/video/canal_uved/eau_agriculture_et_territoire_ameliorer_la_gestion_des_ressources_naturelles_de_la_motte_de_terre_a_la_goutte_d_eau.10241

Nous allons à présent essentiellement parler des **pollutions diffuses** et voir comment elles arrivent des champs jusqu'à la rivière.
L'eau voyage de la pluie jusqu'à la rivière, à travers **plusieurs types d'écoulement**.
Le premier, le plus connu, est le ruissellement. Il correspond à l'eau qui tombe sur le sol, qui ne s'infiltre pas et qui coule sur la surface jusqu'à la rivière. Puisqu'il est à la surface et qu'il coule le long de la pente, cet écoulement **va entraîner des particules de sol : c'est le phénomène d'érosion**. Évidemment, c'est quelque chose qui arrive uniquement quand il pleut et la rivière n'est alimentée par le ruissellement que dans ces conditions. Il y a un **temps de transit dans le paysage très court, inférieur à la journée** et souvent cela se fait en quelques minutes ou quelques heures. **La quantité d'eau ainsi transférée représente en moyenne 5% de la totalité du débit d'une rivière en Bretagne** : c'est un écoulement extrêmement minoritaire dans nos types de milieux hydrologiques.

De la pluie à la rivière, comment l'eau circule dans les bassins versants

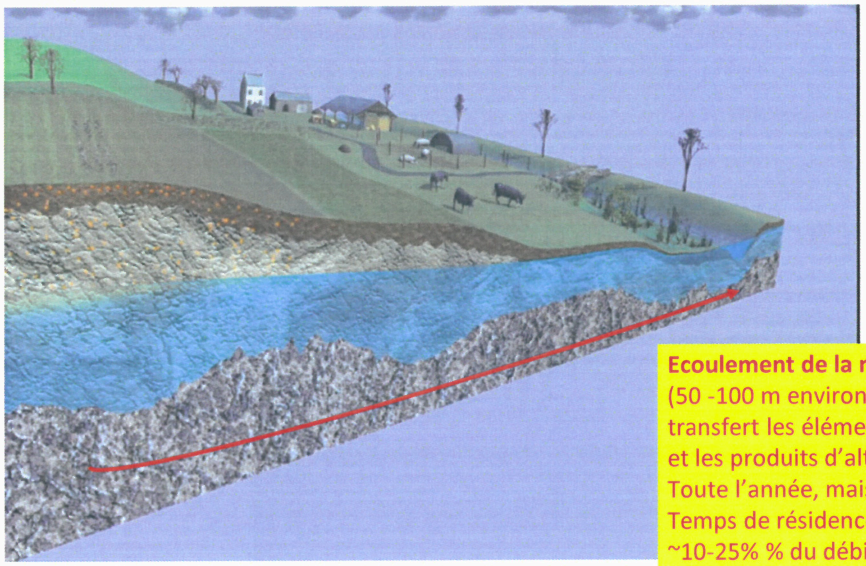


Ecoulement de la nappe superficielle:
Entre une dizaine de m (amont) et la surface (aval)
Entraine les éléments solubles ou faiblement adsorbés (lixiviation)
Toute l'année, mais surtout en hiver
Temps de transit: qq mois à quelques dizaines d'années
~70-80 % du débit des rivières en Bretagne

Source : UVED, Aurelie Rio et al.
https://www.canal-u.tv/video/canal_uved/eau_agriculture_et_territoire_ameliorer_la_gestion_des_ressources_naturelles_de_la_motte_de_terre_a_la_goutte_d_eau.10241

Le deuxième écoulement est celui de la nappe superficielle (ou dite de subsurface). C'est un milieu poreux rempli d'eau qui se situe dans une zone intermédiaire entre le sol et la roche en place, qu'on appelle l'altérite (zone de roche plus ou moins décomposée). Cette nappe superficielle se balade dans une zone qui est située entre une dizaine de mètres de profondeur et la surface où elle affleure tout à fait à l'aval, en particulier en hiver.
Cette nappe superficielle **entraîne des éléments plutôt solubles ou des éléments faiblement absorbés** puisqu'ils auront voyagé un petit peu dans un milieu poreux où ils auront pu être adsorbés s'ils ne sont pas très solubles.
C'est un écoulement qui a lieu toute l'année mais il est **surtout visible et dominant en hiver**, en particulier dans les zones où cette nappe superficielle est assez peu puissante et abondante et où elle s'épuise en été.
Le temps de transit est extrêmement variable, allant de quelques mois, comme c'est le cas quand on se rapproche de la rivière, à quelques dizaines d'années. En moyenne en Bretagne, on a estimé entre 10 et 15 ans le temps de transit dans cette nappe de subsurface.
Cet écoulement est extrêmement dominant en Bretagne puisqu'il représente 70 à 80% du débit des rivières.

De la pluie à la rivière, comment l'eau circule dans les bassins versants

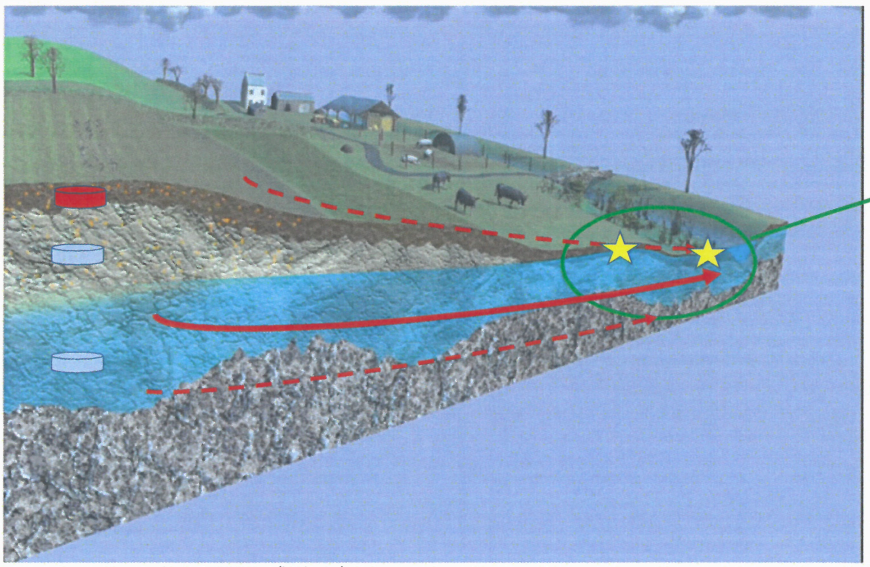


Ecoulement de la nappe profonde:
(50 -100 m environ)
transfert les éléments solubles (lixiviation)
et les produits d'altération
Toute l'année, mais détectable surtout en été
Temps de résidence > 30 ans
~10-25% % du débit des rivières en Bretagne

Source : UVED, Aurelie Rio et al.
https://www.canal-u.tv/video/canal_uved/eau_agriculture_et_territoire_ameliorer_la_gestion_des_ressources_naturelles_de_la_motte_de_terre_a_la_goutte_d_eau.10241

Un troisième écoulement est celui de la nappe profonde, qui est situé plutôt dans les fissures des roches en place, à des profondeurs qui peuvent être très variables, autour de 50 à 100 mètres environ. **Il ne va transférer que des éléments solubles**, car les autres éléments retenus par les roches ou par la matière organique ne vont pas arriver jusqu'à la rivière. Il transfère aussi les produits de l'altération, c'est à dire les produits solubles qui sont libérés par la décomposition des roches.
Cet écoulement est aussi là **toute l'année** mais il est quasiment invisible en hiver puisque la nappe qui se situe au-dessus va dominer très largement les écoulements, donc **on le détecte en général surtout en été**.
Le temps de résidence de cette eau est très grand à l'échelle humaine, c'est supérieur à 30 ans et parfois même à 100 ans.
Suivant l'hydrologie et la localisation géographique, cet écoulement représente 10 à 25% du débit des rivières.

Conséquences pour les transferts de nutriments: l'azote



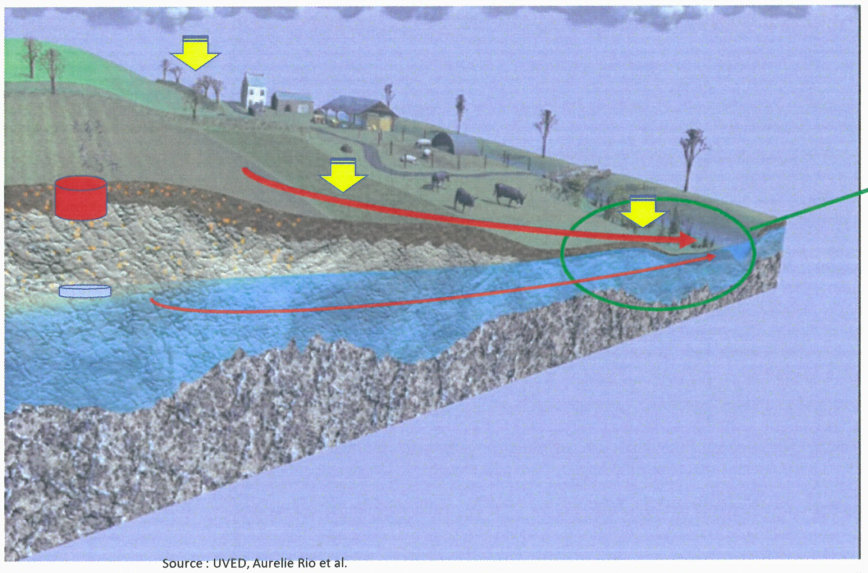
Source : UVED, Aurelie Rio et al.
https://www.canal-u.tv/video/canal_uved/eau_agriculture_et_territoire_ameliorer_la_gestion_des_ressources_naturelles_de_la_motte_de_terre_a_la_goutte_d_eau.10241

Ces écoulements ont des conséquences pour les transferts de nutriments. **L'azote**, que l'on trouve essentiellement sous forme de nitrate qui est un sel extrêmement soluble, va être entraîné assez rapidement en profondeur et **son écoulement préférentiel sera la nappe de subsurface** qui va donc transporter l'essentiel du nitrate que l'on va retrouver dans la rivière.
On observe **deux caractéristiques importantes pour ces transferts d'azote vers la rivière** :

- **L'azote se stocke dans plein d'endroits**, dans les sols sous forme de matière organique, mais aussi dans les altérites et la roche-mère sous forme de nitrate soluble dans l'eau. On a des stocks qui peuvent être très importants, jusqu'à 10 à 20 fois les quantités d'azote qui sont importées chaque année sur les bassins versants, voire beaucoup plus dans le sol.
- Cette nappe de subsurface, quand elle arrive en bas de versant, remonte dans le sol, et à ce moment-là des plantes ou des micro-organismes qui vont essayer de profiter des nutriments qu'elle transporte et vont soit les retenir, par **absorption par les plantes**, soit l'éliminer par le **phénomène de dénitrification** qui va transformer le nitrate en azote atmosphérique que l'on ne va plus retrouver ensuite.

En conclusion, entre l'excédent d'azote qu'on peut calculer au niveau des pratiques agricoles et ce qui va arriver à la rivière, il va y avoir un long temps qui va s'écouler et ce que l'on va trouver dans la rivière sera la résultante des pratiques agricoles des 20-30 ans précédents. De plus, on ne va pas retrouver la totalité des excédents que l'on aura pu calculer.

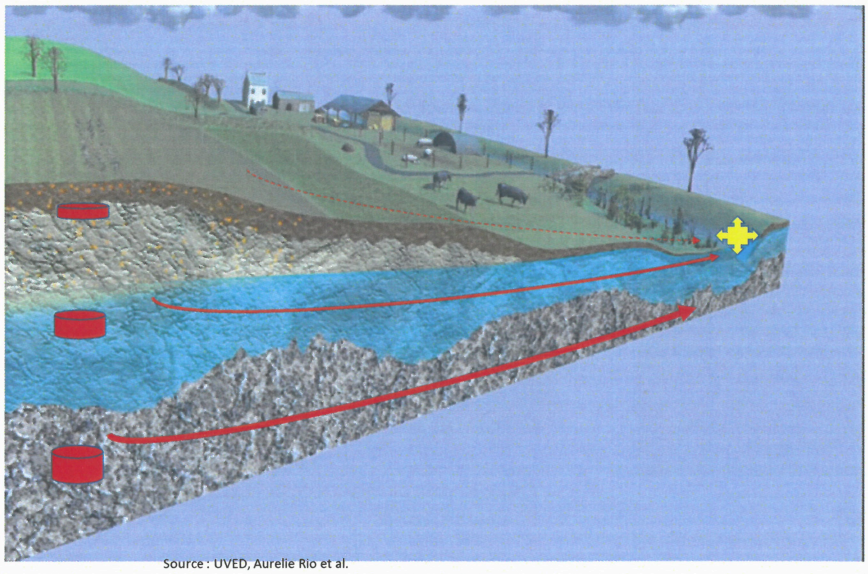
Conséquences pour les transferts de nutriments: le phosphore



Source : UVED, Aurelie Rio et al.
https://www.canal-u.tv/video/canal_uved/eau_agriculture_et_territoire_ameliorer_la_gestion_des_ressources_naturelles_de_la_motte_de_terre_a_la_goutte_d_eau.10241

Le phosphore, lui, se retrouve de façon dominante **sous forme non soluble, accroché aux particules,** et il va être **transporté plutôt par le ruissellement de surface** qui emporte ces particules. Il y a aussi une partie du phosphore que l'on retrouve sous forme soluble et qui va constituer le bruit de fond des concentrations que l'on observe dans les rivières.
Ce phosphore peut être capturé au cours de son transfert dans un plus grand nombre d'endroits et de façon plus efficace que l'azote. Il peut être capturé dans les talus, dans les haies, dans les bandes enherbées et dans les zones humides.
À la différence de l'azote et du processus de dénitrification, le phosphore va s'accumuler. Et au fur et à mesure de cette accumulation, ces zones peuvent devenir de moins en moins efficaces, voire se saturer complètement. Elles pourront relarguer ensuite du phosphore sous forme soluble. Quand ces zones ne sont pas gérées avec précaution, c'est un stockage qui peut n'être que très temporaire.
Une autre caractéristique est que le phosphore est stocké de façon prépondérante dans les sols et parfois en quantités pouvant devenir extrêmement importantes. Plus les sols vont être riches en phosphore, plus la moindre particule de sol qui va arriver à la rivière va amener du phosphore.

Conséquences pour les transferts de nutriments: la silice



Piégeage et consommation dans les retenues, les grands biefs....

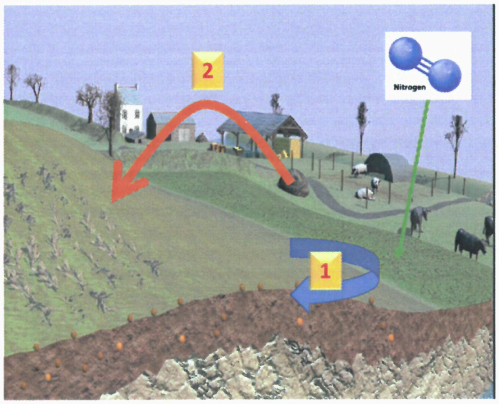
Minéraux silicatés altérables

Source : UVED, Aurelie Rio et al.
https://www.canal-u.tv/video/canal_uved/eau_agriculture_et_territoire_ameliorer_la_gestion_des_ressources_naturelles_de_la_motte_de_terre_a_la_goutte_d_eau.10241

La silice n'est pas un contaminant d'origine anthropique. Elle est **présente naturellement dans le milieu** sous forme de minéraux qui vont se décomposer et produire de la silice dissoute. Elle va être **essentiellement transportée par les écoulements profonds, voire très profonds**. Elle peut aussi être piégée et consommée dans les retenues et biefs par différents processus de croissance d'algues, mais aussi des processus biogéochimiques qui vont pouvoir la stocker provisoirement dans les sédiments.

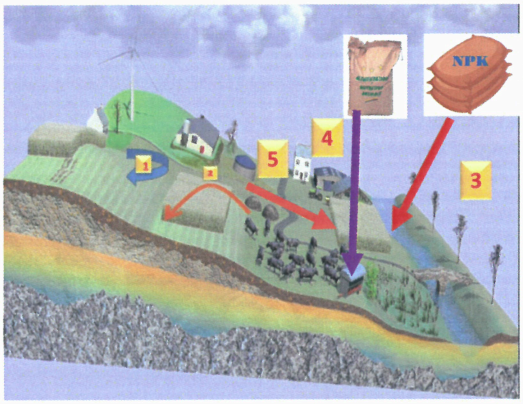
L'azote, ou comment abuser des bonnes choses...

AGRICULTURE PRE-INDUSTRIELLE
Moins de 50 kg/ha/an



Fixation biologique, recyclage
1 : rotations culturales avec légumineuses, jachères
2 : fumiers, composts, déchets urbains...

AGRICULTURE A BASE D'INTRANTS
Entre 100 et 250kg/ha/an



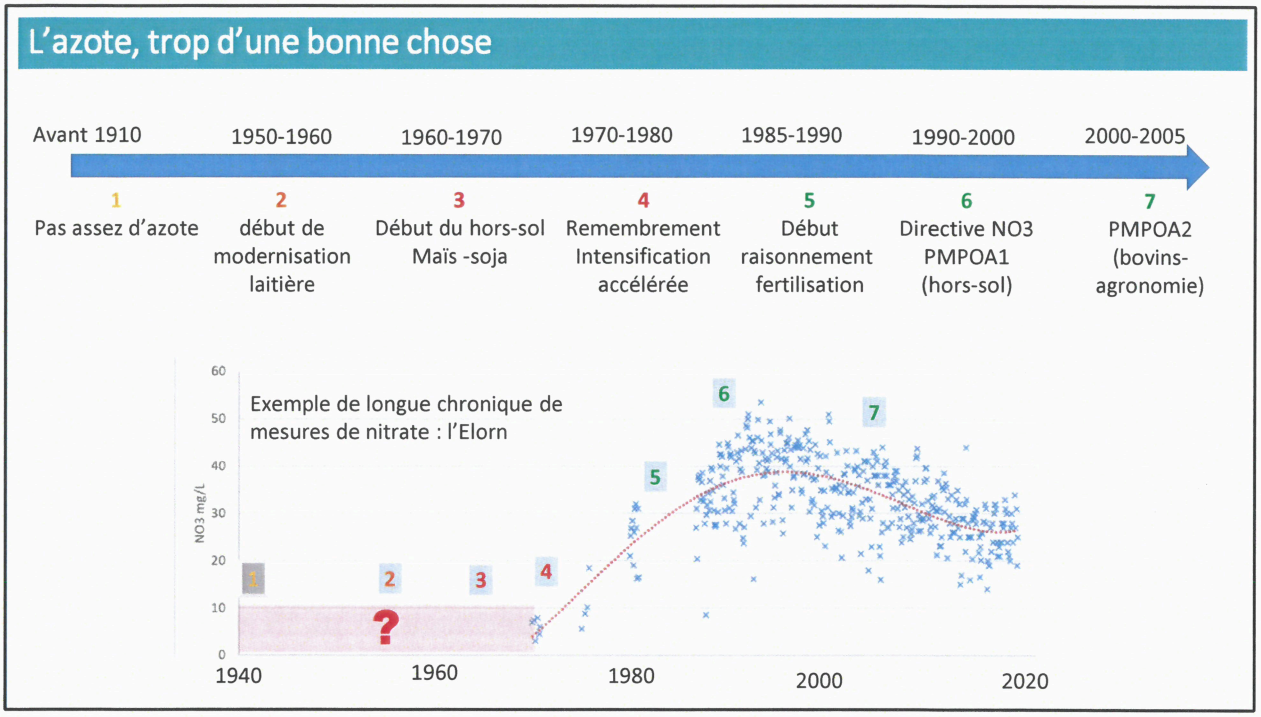
Engrais, concentrés azotés, recyclage, (fixation)
3 : Engrais azotés
4 : tourteaux de soja...
5 : Lisiers, digestats...

On va parler de **l'exemple de l'azote** qui est le plus parlant et le plus facile à comprendre.
À l'origine, il faut savoir que l'azote est vraiment l'élément limitant essentiel de la productivité agricole. Une grande partie des famines que l'humanité a connue dans les parties tempérées au cours des siècles précédents était due à une agriculture peu productive essentiellement liée au manque d'azote.
À l'époque, on se procurait de l'azote de deux façons principales :

- Soit en profitant du fait qu'il y ait des micro-organismes qui sont capables de capter l'azote de l'atmosphère (80% du volume d'air est en fait du gaz azoté). Il s'agit de bactéries liées aux racines de **légumineuses qui vont capter cet azote atmosphérique** pour le rendre disponible pour le règne végétal puis animal
- Soit en utilisant le **recyclage des effluents d'élevage, des effluents humains ou des déchets urbains**. Par exemple, en Ille-et-Vilaine, il y avait tout un trafic des déchets de la ville de Rennes distribués aux agriculteurs des environs pour engraisser les terres.

Comme la productivité des terrains était limitée, il n'y avait pas beaucoup d'animaux et pas non plus beaucoup d'humains, la quantité d'azote était limitée autour de 50 kgN/ha environ.

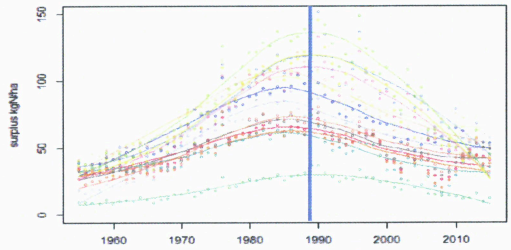
L'homme a inventé un procédé qui fait exactement la même chose que ces bactéries en prenant l'azote de l'air et en le transformant en engrais, mais c'est beaucoup plus coûteux pour nous que pour les bactéries, en particulier en énergie pour fabriquer ces engrais.
L'autre nouvelle source d'azote pour les agrosystèmes (en particulier bretons), ce sont les aliments d'élevage : on apporte de l'azote dans des quantités non limitées (selon les moyens financiers) et cela fait que l'on peut nourrir plus d'animaux et plus d'humains. Puisqu'on augmente la quantité totale d'azote disponible dans le milieu et que la plupart des phénomènes de croissance et d'excrétions sont des phénomènes qui libèrent de l'azote sous une forme ou une autre qui est susceptible d'être évacuée dans le milieu, ça augmente mécaniquement les risques de fuite de façon considérable.



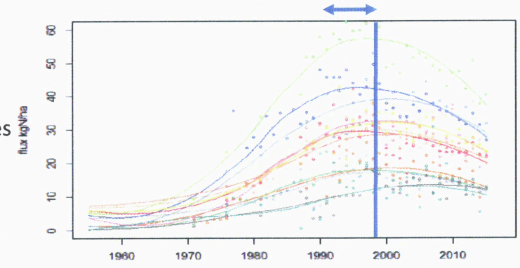
On peut expliquer les courbes historiques de croissance et de décroissance de l'azote en prenant en compte les différentes phases de l'intensification de l'agriculture, puis les différentes phases de prise de conscience et de prise de réglementations qui ont permis de mieux gérer et raisonner cet azote. C'est une courbe très classique de ce que l'on observe un peu partout en Bretagne, avec un pic de concentrations autour des années 1990-2000, ensuite une décroissance d'environ 30-40% selon les bassins versants, suivie d'une stagnation à laquelle on est arrivé depuis 2-3 ans.

Résumé

Surplus d'azote estimés



Flux d'azote mesurés sur 16 rivières bretonnes



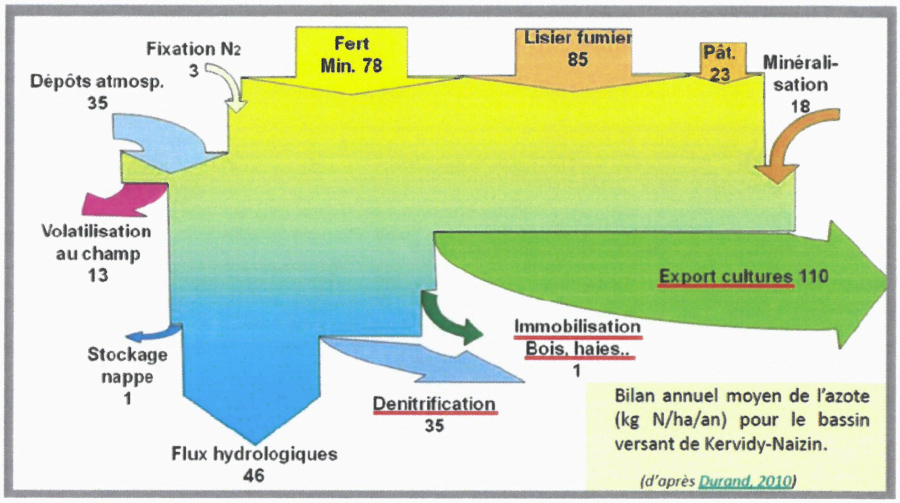
Les surplus d'azote agricoles ont culminé dans les années 90 un peu partout en Bretagne

Les flux d'azote dans les bv suivent la même allure, plus amortie et avec un décalage de 10-15 ans

Source: Dupas et al., Environmental Research Letters, 2020

On voit de façon très générale ce fameux décalage de 10-15 ans entre les historiques de surplus d'azote et les historiques de flux d'azote sortant des bassins. Ce décalage correspond à l'inertie, au temps de transit.

Exemple de bilan d'azote dans un bassin versant amont très agricole



Fuites par l'eau/entrées agricoles : ~ 25%

-

« rétention »/ entrées agricoles ~ 20%

(en Bretagne, varie de 0 (à l'ouest) à 50% (à l'est)

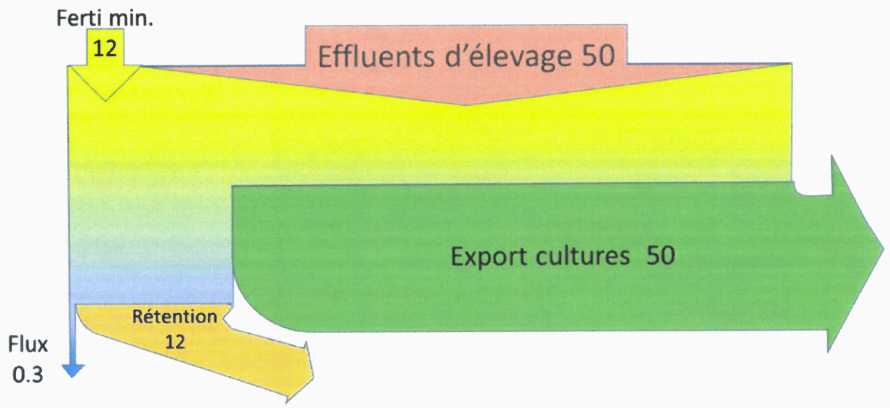
Il s'agit ici d'un exemple de **bilan d'azote dans un bassin versant** agricole relativement intensif.

Si on fait le rapport entre les fuites par l'eau (flux hydrologiques) et ce que l'agriculture apporte (fertilisation minérale, lisier-fumier, excrétions au pâturage), on est autour de 25%.

Si on fait le rapport entre les excédents d'azote (différence entre les entrées agricoles et ce qui est exporté par les cultures) et ce qui est retenu par le milieu, on est autour de 20%. Cette rétention d'azote est très variable en Bretagne et dépend beaucoup du climat. Quand on est à l'ouest de la région (très arrosé et plus frais), on est presque à 0 dans certains bassins alors qu'à l'est des Côtes d'Armor ou en Ille-et-Vilaine, on est pas loin de 50% dans certains cas.

Au niveau des sources d'azote, on est environ à 2/3 d'origine organique et 1/3 d'origine minérale. Dans les 2/3 d'origine organique, il faut savoir que les 3/4 proviennent du bovin et pas du porcin. Quand on dit que les algues vertes, c'est à cause des cochons, ce n'est pas tout à fait aussi tranché que ça.

Bilan de Phosphore dans un bassin versant agricole



Fuites par l'eau/entrées agricoles : ~ 4 ‰

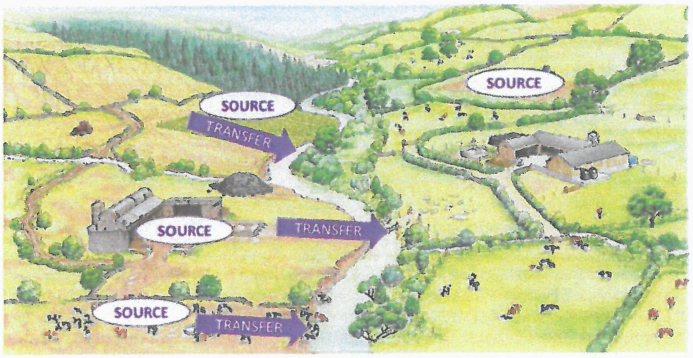
-

« épuration apparente »/ entrées agricoles ~ 20% (très variable!!)

Pour le bilan du phosphore dans le même bassin, la grosse différence est le rapport entre les fuites dans l'eau et les entrées agricoles : il est seulement de 4 pour 1000 (contre 20% pour N). Dans la plupart des bassins pour lesquels on a pu établir ce bilan, on est inférieur à 1%.

Par contre, le taux de rétention (ce qui est retenu par le milieu) est à peu près pareil, de l'ordre de 20% mais cela peut être très variable selon la structure du paysage.

Comment diminuer encore les pertes?



- **Azote:**
  - Adaptation des systèmes de culture (fertilisation, couverts hivernaux, ...), voire des systèmes de production (plus herbagers, moins de mais et de céréales d'hiver...)
  - Gestion différentiée des bas de versant (haies de ceinture, couvert permanent, ferti mini)
- **Phosphore**
  - Détection et élimination des sources ponctuelles
  - Infrastructures d'infiltration bien positionnées et bien gérées
  - Long terme: baisse des teneurs en P des sols par fertilisation minorée

Pour limiter encore les pertes, on peut retenir **deux leviers pour l'azote** et **trois leviers pour le phosphore**.

Pour l'azote :

1) La solution la plus efficace et la plus durable est de :
   - adapter les systèmes de culture,
   - arrêter la surfertilisation mais qui est devenue relativement rare maintenant compte tenu des réglementations successives et des prises de conscience,
   - mettre en place des couverts hivernaux efficaces, ce qui est nettement plus délicat, en particulier dans nos systèmes de culture qui ont des rotations qui ne favorisent pas vraiment ces couverts hivernaux efficaces.
   - changer aussi les systèmes de production en allant vers plus d'herbage pour les herbivores, donc moins de maïs, moins de céréales d'hiver et donc probablement des cheptels moins importants.
2) Le 2nd volet qui peut intervenir seulement en complément du 1er est la gestion différenciée, en particulier des bas de versant qui vont permettre de recapter l'azote perdu en amont. On peut éventuellement les entourer d'une haie de ceinture qui permet de bien les délimiter et de ralentir les écoulements qui les traversent ; et surtout mettre en place des couverts permanents avec très peu voire pas du tout de fertilisation.

Pour le phosphore :

1) La détection et l'élimination des sources ponctuelles. Même dans les bassins agricoles, il y a des sources ponctuelles qui peuvent être importantes pour le phosphore, telles que l'abreuvement direct des animaux dans les cours d'eau, en particulier dans les secteurs amont.
2) La mise en place d'infrastructures paysagères bien positionnées et bien gérées pour éviter les éventuels courts-circuits de ces infrastructures ou leur saturation.
3) Pour le long terme, c'est la baisse des teneurs en phosphore des sols en faisant une fertilisation qui sera inférieure à ce que les plantes ont besoin, de façon à épuiser progressivement les stocks.

7. Points divers

SAGE Vilaine

64

❖ **Révision du SAGE**

65

- Prestataire retenu pour l'actualisation de l'état des lieux / diagnostic : SCE, avec La Fabrique Participative en sous-traitance
- Comité technique de lancement le 5 mai
- Commissions thématiques (techniques) les 20 et 27 juin

❖ **Prochaines réunions :**

- Commission Permanente le 3 juin (10h, visio)
- Séances plénières de la CLE (prévisionnel modifié pour tenir compte de la révision du SAGE) :
  - Le vendredi 7 octobre après-midi (à la place du 6 octobre)
  - Le vendredi 25 novembre après-midi
  - Le vendredi 20 janvier 2023 après-midi (à la place du 9 décembre) sur les inondations

❖ **Formation Qualité de l'eau et pesticides**

- À destination de tous les membres de la CLE
- Organisée par Eaux & Vilaine
- => Le lundi 13 juin après-midi

❖ **Séminaire SAGE 2022, du 03 au 05 octobre 2022 à Lille « « Le SAGE face aux situations hors-normes »**

Ouvert aux membres des CLE, sous réserve des disponibilités d'accueil

65