

# Chapitre 2. Définition

## scientifique de l'eutrophisation

Coordinateurs :

**Alexandrine Pannard** (Université de Rennes 1)

**Philippe Souchu** (Ifremer Nantes)

Auteurs :

**Christian Chauvin** (Irstea Lyon)

**Elisabeth Gross** (Université de Lorraine)

**Alexandrine Pannard** (Université de Rennes 1)

**Philippe Souchu** (Ifremer Nantes)

Avec la contribution de :

Chantal Gascuel (INRA)

Documentaliste:

Isabelle Dubigeon (Université de Rennes 1)

**Pour citer ce chapitre :**

Pannard A., Souchu P., Chauvin C. Gross E., 2017. Définition scientifique de l'eutrophisation. Pages 14-81, In : L'eutrophisation : manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. Rapport d'Expertise scientifique collective, Rapport CNRS- Ifremer-INRA-Irstea (France), 1283 pages.

## Sommaire

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2.1. Introduction.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>2.2. Matériel et méthodes.....</b>                                  | <b>16</b> |
| 2.2.1. Collecte des définitions.....                                   | 16        |
| 2.2.2. Découpage des définitions.....                                  | 18        |
| 2.2.3. Analyses statistiques.....                                      | 20        |
| <b>2.3. Résultats.....</b>   | <b>21</b> |
| 2.3.1. Évolution des définitions dans le temps.....                    | 21        |
| 2.3.2. Répartition selon les types d'écosystèmes.....                  | 25        |
| 2.3.3. Analyse du contenu des définitions.....                         | 25        |
| <b>2.4. Discussion.....</b>  | <b>37</b> |
| 2.4.1. Aspects méthodologiques.....                                    | 37        |
| 2.4.2. Distribution dans le temps et dans l'espace.....                | 38        |
| 2.4.3. Définition scientifique conceptuelle.....                       | 39        |
| 2.4.4. Définition scientifique environnementale et opérationnelle..... | 40        |
| 2.4.5. Vers une nouvelle approche de la définition.....                | 41        |
| 2.4.6. Définition(s) scientifique(s) des experts.....                  | 42        |
| <b>2.5. Conclusion.....</b>  | <b>44</b> |
| <b>2.6. Annexes.....</b>   | <b>45</b> |
| <b>2.7. Références bibliographiques.....</b>                           | <b>76</b> |

## 2.1. Introduction

Les mots renvoient à des représentations mentales abstraites des choses qui nous entourent. Ils sont la base du langage et nous permettent de communiquer. En société, il est primordial que ces mots fassent référence à la même idée, pour exprimer clairement ce qu'on veut dire. L'analyse sémantique des mots est donc une étape essentielle, afin de décrire précisément l'idée et contextualiser l'utilisation du mot, d'autant plus si ce mot est polysémique. Donner la définition d'un mot reste cependant une opération complexe, car il faut en identifier les attributs essentiels. Il s'agit souvent d'une première étape car lorsque les mots sont destinés à exprimer autre chose que des objets ou des êtres vivants, les attributs essentiels suffisent rarement pour en saisir tous les sens. En général, l'ajout d'informations non essentielles à la définition permet d'accéder pleinement à la signification d'un mot. Lorsque les informations ajoutées sont nombreuses, elles donnent à la définition un caractère encyclopédique. D'autre part, un mot peut avoir plusieurs significations et générer alors plusieurs définitions.

C'est le cas pour le mot « eutrophisation. De nombreuses définitions ont été proposées dans la littérature scientifique, son usage actuel très large recouvrant à la fois un concept scientifique, une problématique de gestion de l'eau et un objet médiatique. Dans ce contexte, la commande a été formulée au collectif d'experts de « clarifier la définition de l'eutrophisation en prenant en compte les besoins et enjeux opérationnels pour l'action publique ».

Dans ce contexte, notre démarche a été de collecter dans tous les types de ressources documentaires les définitions produites par nos pairs puis de les étudier pour savoir comment celles-ci ont évolué au cours du temps et comment elles se distribuent en fonction du type d'écosystème aquatique. Il s'agissait aussi de savoir si les définitions existantes pouvaient être regroupées et sur quels critères. Était-il possible de mettre en évidence une typologie des définitions ? Parmi les définitions collectées, notre analyse pouvait-elle faire émerger une définition générique, c'est à dire une définition pouvant représenter le plus petit dominateur commun de la grande partie d'entre elles ? Dans la perspective de voir émerger une définition générique, cette dernière présenterait-elle les attributs essentiels et les informations complémentaires que l'on pourrait attendre d'une définition idéale ?

Bien que tout travail de recherche contienne une certaine part de subjectivité, il semblait opportun d'analyser les définitions d'une manière la plus large et la plus objective possible. Le contenu des définitions collectées a donc fait l'objet d'une analyse factorielle des correspondances multiples (ACM) qui est une méthode d'ordination pour données qualitatives. Cette ACM avait pour objectif d'analyser les différents termes des définitions en s'appuyant sur la notion de ressemblance et en regroupant les définitions présentant les mêmes informations. Les résultats de l'ACM ont ainsi servi de support pour développer une analyse conduisant vers une définition actualisée de l'eutrophisation en cohérence avec nos préoccupations contemporaines.

## 2.2. Matériel et méthodes

### 2.2.1. Collecte des définitions

#### 2.2.1.1. Sources

Les sources, c'est à dire les documents contenant une définition de l'eutrophisation, ont été récoltées en utilisant différents moteurs de recherche spécialisés et publics, en anglais et en français. Des outils bibliographiques faisant appel à des équations de recherche et de simples mots clés ont permis de balayer l'ensemble des documents à disposition dans les bases de données. Les experts ont aussi alimenté la base de définitions à partir de leur corpus personnel de références et de celui de leurs collègues.

#### Équations de recherche sur le Web Of Science :

Considérant que le concept d'eutrophisation est un terme relativement ancien et connu, nous avons supposé que les articles traitant de l'eutrophisation et de sa définition faisaient référence au moins une fois dans le titre (TI) au terme 'eutrophi' ou 'eutrophy'. Sachant que ce terme désigne également l'obésité humaine, il a été précisé dans l'équation de recherche de départ de ne pas retenir (NOT) les articles contenant dans leur titre (TI) ou leur résumé (TS) des termes liés à l'être humain (woman, man, children, etc). L'équation initiale était donc: « TI = (eutrophi\* OR eutrophy\*) NOT TS=(children OR woman OR women OR man OR men OR child) NOT TI=(male OR female OR individual\*) ». Cette équation a abouti à l'obtention de 5375 articles.

De manière à ne faire ressortir de ces 5375 références que celles donnant une définition de l'eutrophisation, le terme « defin\* » a été recherché dans le résumé des articles en ajoutant le critère de recherche « (TS=defin\*) » à l'équation initiale. Cette nouvelle équation a abouti à l'identification de 8 articles, dont 2 seulement donnent une définition (Nixon 1995, Andersen, Schlüter et al. 2006). L'inefficacité de cette équation à sélectionner les articles d'intérêt s'explique par le fait que la plupart des auteurs donnent une définition de l'eutrophisation dans l'introduction de l'article et non dans le résumé. Or, les équations de recherche dans le Web Of Science ne permettent pas de rechercher des mots dans le corps de texte des articles.

Une autre approche a alors été testée sur l'hypothèse qu'il existait des définitions de l'eutrophisation dans les synthèses bibliographiques des 5375 articles fournis par l'équation de recherche. La troncature « TI=(\*view) », pour « overview » et « review » a ainsi été ajoutée à l'équation initiale, permettant d'extraire du corpus 34 articles à partir desquels une dizaine de définitions ont été obtenues.

#### Utilisation de chaîne de mots dans des moteurs de recherche type Google Scholar :

Le principal atout des moteurs de recherche tel Google Scholar est d'effectuer la recherche sur l'ensemble du document et donc de permettre de rechercher une définition dans le corps de texte de l'article. Google Scholar prend en compte la plupart des journaux académiques, des livres, des conférences, des rapports de thèse et de master, et des rapports techniques. En 2014, sur les 114 millions de documents scientifiques en anglais disponibles sur internet, 88% étaient accessibles via Google Scholar (Khabza and Giles 2014). Certains auteurs ont même montré une couverture à 100 % de Google Scholar lors de la recherche d'essais cliniques et de synthèses bibliographiques (Gehanno, Rollin et al. 2013).

Des chaînes de mots faisant référence à une définition de l'eutrophisation ont été utilisées lors de la recherche sur Google Scholar, tel que "eutrophication is defined", "define eutrophication as" ou encore

"eutrophication refers to". Cette approche a fourni une cinquantaine de définitions. A noter qu'un grand nombre de doublons (auteurs citant la définition d'un autre) ont été éliminés.

### Références citées dans des publications

De manière complémentaire aux recherches effectuées dans le WoS et les moteurs de recherche type Google Scholar, la lecture en elle-même de différents travaux sur l'eutrophisation a amené les auteurs de ce présent chapitre à identifier de nouvelles références proposant des définitions.

### Envoi de définitions par les experts

Les experts ont exploré leur propre fond bibliographique pour faire remonter une cinquantaine de définitions, principalement issues de sources non en ligne, comme des livres et des rapports techniques.

### Sources « grand public »

Les définitions accessibles sur les sites web, en particulier ceux portés par des organismes publics français (Agences de l'Eau, IRD, Ifremer, etc.), étrangers (EPA, NOAA, etc.) et internationaux (OSPAR, OCDE, etc.), et dans les dictionnaires et glossaires en ligne à destination du grand public ont été collectées. Les définitions incluses dans les textes réglementaires nationaux ou européens apparaissent également dans ce type de source.

#### 2.2.1.2. Critères de sélection

Grâce à ces différentes approches, 173 définitions de l'eutrophisation ont été recensées entre 1907 et 2016, dont 80 % en anglais (Tableau 2.1). Près de la moitié proviennent de publications scientifiques (Annexe 2.1).

Tableau 2.1. Répartitions des définitions collectées selon le type de ressource documentaire

| Source                       | Définitions collectées |                      |
|------------------------------|------------------------|----------------------|
|                              | Nombre                 | Pourcentage du total |
| Équations de recherche       | 14                     | 8                    |
| Moteurs de recherche         | 58                     | 34                   |
| Synthèses bibliographiques   | 4                      | 2                    |
| Ajouts des experts           | 58                     | 34                   |
| Définitions « grand public » | 16                     | 9                    |

Une première analyse statistique a été réalisée sur 118 définitions répondant aux critères suivants :

- la définition provient d'un article scientifique publié dans un journal avec comité de lecture (65 revues différentes ont été recensées),
- la définition provient d'un livre à vocation scientifique ou pédagogique (enseignement supérieur uniquement) publié par un éditeur,
- la définition concerne les milieux aquatiques (seules 2 définitions concernaient le milieu terrestre et ont donc été exclues).

D'autre part :

- les citations emboîtées sont prises en compte, dès lors que l'auteur y ajoute au moins une information supplémentaire par rapport à la définition d'origine ou en modifie au moins une dimension,
- la définition peut inclure plusieurs phrases, dès lors que l'auteur explicite des parties de la définition. La définition s'arrête quand l'auteur change d'idée.

Dans une seconde analyse, les définitions issues de rapports ou sites internet produits un organisme public (Agences de l'eau, IRD, CNRS, Ifremer, etc.) ont été inclus, afin de voir leur positionnement par rapport à la littérature scientifique. Parmi ces définitions « autres sources », 33 sont issues de rapports techniques, directives, doctorats et brevets et 20 sont issues de glossaires de livres et de sites Internet.

### 2.2.2. Découpage des définitions

L'analyse des définitions collectées s'est appuyée sur le schéma conceptuel décrivant l'eutrophisation et servant de support à l'application de la convention OSPAR et présenté dans le document guide d'application de la Directive Cadre Eau (Claussen, Zevenboom et al. 2009) (Figure 2.1). Un découpage analogue des processus dérivant le phénomène est retrouvé dans d'autres publications (Jonge, Elliott et al. 2002).

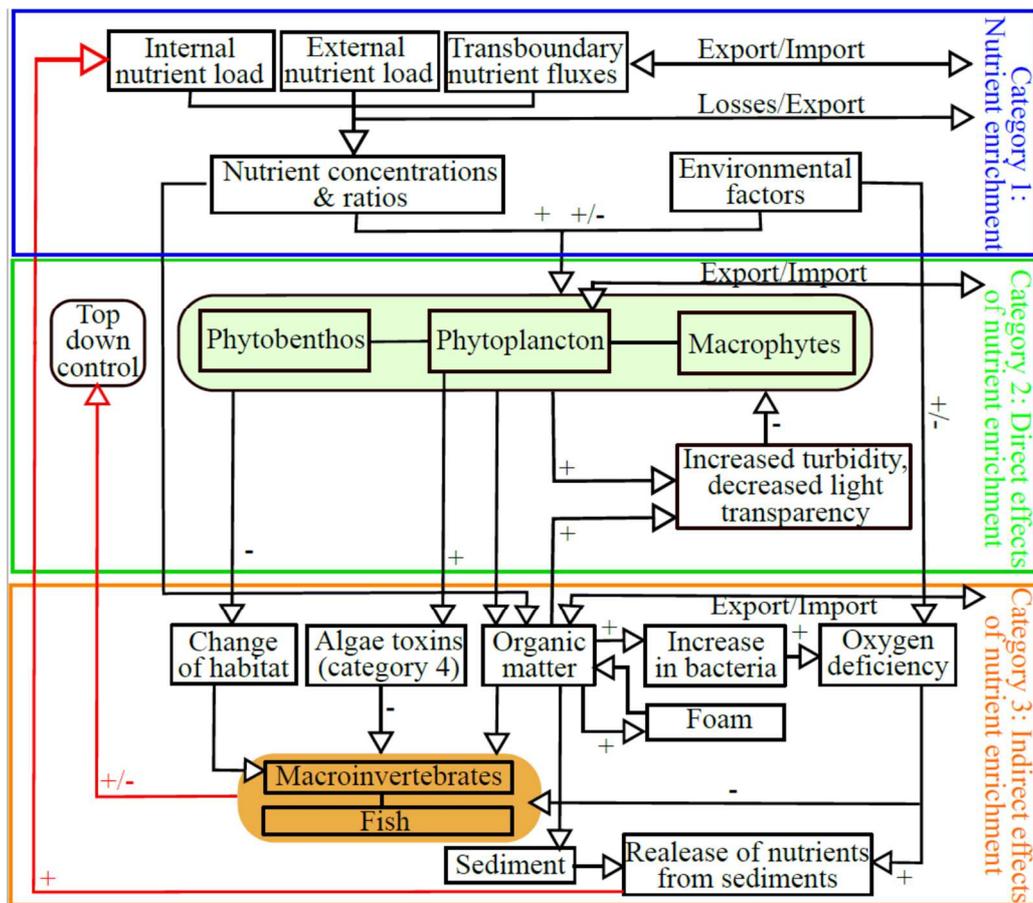


Figure 2.1. Schéma conceptuel de l'eutrophisation, pour tous les types de masses d'eau de surface, présenté comme cadre pour la mise en oeuvre de la Directive Cadre Eau. Modifié et traduit d'après (Claussen et al. 2009).

Ce schéma conceptuel compartimente les variables et processus pouvant contribuer à définir l'eutrophisation en 3 catégories :

- Causes (enrichissement en nutriments, catégorie 1)
- Effets directs de l'eutrophisation (catégorie 2)
- Effets indirects de l'eutrophisation (catégorie 3)

Ce découpage a servi de base pour étudier le contenu des définitions. Les informations contenues dans chaque définition (informations intrinsèques) ont été classées dans 7 descripteurs (Tableau 2.2).

Tableau 2.2. Les 7 descripteurs permettant le découpage et l'analyse statistique des informations intrinsèques contenues dans les définitions collectées. Chaque descripteur contient des termes qui permettent de décrire la définition. N : azote ; P : phosphore ; Div : baisse de diversité ; Oxy : baisse de la concentration en oxygène ; Tox : toxicité ; SE : services écosystémiques.

| Comment  | Qui (Causes)                      |  | Effets directs  |  | Effets indirects  |  |
|--|-----------------------------------|--|---|--|---|--|
|  | Qui des causes ?                  | Qui des causes 2 ?   | Qui des effets directs ?  | Quoi des effets directs ?  | Effets indirects sur l'écosystème   | Effets indirects pour l'Homme                          |
| - anthropique<br>- naturel<br>- anthropique et naturel | - N<br>- P<br>- N et P<br>- autre | - organique<br>- inorganique<br>- organique et inorganique | - plantes supérieures<br>- microalgues<br>- macroalgues<br>- algues<br>- producteurs primaires en général | -augmentation de la croissance<br>-augmentation de la biomasse<br>-autre (changement de communautés) | -Div<br>-Oxy<br>-Tox<br>- Div et Oxy<br>- Div et Tox<br>- Oxy et Tox<br>- Div, Oxy et Tox | - qualité de l'eau<br>- SE<br>- qualité de l'eau et SE |

Les éléments qui permettent de renseigner chaque descripteur, appelés « termes », sont des variables seules ou groupées, parfois en combinaison avec des processus. Les définitions de l'eutrophisation peuvent renseigner sur la nature du phénomène (naturel ou anthropique). Parmi les causes, deux variables ressortent dans leur contenu : l'élément cité (nutriment, azote [N], phosphore [P], etc) et sa forme chimique (organique / inorganique). Parmi les effets directs de l'eutrophisation, les définitions renseignent sur la nature du producteur primaire concerné et le type de réponse (augmentation de la production primaire, de la biomasse, changement d'espèces, etc.). Les définitions peuvent aussi contenir des indications sur les effets indirects, qui représentent les conséquences issues des changements dans le compartiment des producteurs primaires. Les effets indirects étant nombreux, ce descripteur a été subdivisé en 2 parties, avec les effets indirects sur les écosystèmes (baisse de l'oxygène dissous, baisse de diversité, toxicité, etc.) et les effets indirects pour l'Homme (détérioration de la qualité de l'eau et services écosystémiques, regroupant les effets négatifs sur la production d'eau potable, les activités de baignade, la pêche, etc.).

Des données dites « extrinsèques » ont également été collectées pour chacune des définitions afin d'en préciser le contexte (année de publication, langue, type de source, nombre de citations, etc.). Ces données n'entrent pas dans l'analyse statistique, mais sont utilisées *a posteriori* pour tester si le contexte influence le contenu des définitions, en visualisant le positionnement de la définition par rapport aux autres.

Afin de ne pas induire de biais dans les analyses statistiques, le découpage en descripteurs et en termes a dû respecter certaines règles : il fallait minimiser le nombre de descripteurs et que chacun apporte une information non redondante. Afin d'éviter des déséquilibres importants d'effectif entre les termes, leur nombre ne devait pas trop varier d'un descripteur à l'autre. Ainsi, chaque descripteur contient un minimum de 2 termes et un maximum de 7 termes.

Afin d'objectiver et d'harmoniser la transcription des définitions en descripteurs, un questionnaire a été rempli à partir d'un formulaire créé sous GoogleForms (Annexe 2.2) pour chaque définition. Les résultats des questionnaires ont ensuite été rassemblés dans un tableau contenant autant de lignes que de définitions et autant de colonnes que de descripteurs intrinsèques et extrinsèques (Annexe 2.3).

Afin d'objectiver et d'harmoniser la transcription des définitions en descripteurs, un questionnaire a été rempli à partir d'un formulaire créé sous GoogleForms (Annexe 2.2) pour chaque définition. Les résultats des questionnaires ont ensuite été rassemblés dans un tableau contenant autant de lignes que de définitions et autant de colonnes que de descripteurs intrinsèques et extrinsèques (Annexe 2.3).

## 2.2.3. Analyses statistiques

### 2.2.3.1. Analyse catégorielle

Une analyse catégorielle a d'abord été réalisée avec le logiciel JMP Pro 12 pour répondre aux questions suivantes :

- quelles catégories de descripteurs (cause, effets directs, effets indirects) sont les plus citées ?
- quels termes sont privilégiés par les auteurs ?
- comment ces choix de termes changent au cours du temps? Sont-ils spécifiques des masses d'eau ?

### 2.2.3.2. Analyse multivariée

#### Les Analyses Factorielles des correspondances multiples (ACM) :

Les ACM ont été réalisées avec le logiciel Rstudio (package ADE 4). Le corpus de définitions est décrit grâce à un ensemble de données qualitatives (une association de termes). L'Analyse Factorielle des correspondances Multiples (ACM) est une méthode d'ordination pour données qualitatives, particulièrement adaptée pour les données issues de questionnaires. Cette méthode d'analyse géométrique des données (AGD) est proche de l'analyse factorielle des correspondances (AFC), utilisée pour des données quantitatives ou semi-quantitatives. L'ACM est une méthode graphique, qui permet de représenter les données dans un espace à peu de dimensions et de visualiser la structuration du jeu de données. Les définitions sont alors des points dans l'espace des variables (descripteurs). Les points sont d'autant plus proches que les termes utilisés dans les définitions sont les mêmes. La distance d'une définition à l'origine (autrement dit ses coordonnées) correspond à une distance du  $\chi^2$ , autrement dit à l'écart entre la définition de l'auteur (assemblage des termes observés) et la définition attendue (assemblage des termes les plus utilisés). La distance entre deux définitions correspond également à une distance du  $\chi^2$ .

L'ACM consiste à trouver le meilleur plan possible, qui maximise la dispersion des points (plan où le nuage de points est le plus éclaté une fois tous les points projetés sur ce plan). Une définition qui utilise des termes rares contribuera à disperser le nuage de points (nuages de définitions) et se retrouvera éloignée de l'origine (centre du nuage). L'analyse permet de mettre en évidence des sous-ensembles de définitions (familles de définitions) qui utilisent des termes communs.

Une définition est donc représentée par les termes qu'elle possède et se situe au barycentre de ses termes (à un coefficient près), tandis que les termes se situent au barycentre des définitions qui l'utilisent. Les nouveaux axes factoriels correspondent à une combinaison des variables initiales. L'ACM permet de relier les variables (descripteurs) entre elles et leurs termes. Deux variables sont liées si leurs termes le sont pour une grande proportion des définitions. Par exemple, il peut être attendu que le terme « toxicité » soit proche du terme « microalgues ».

#### Interprétation des ACM :

Le résultat d'une ACM est montré sous la forme de différentes figures :

- un histogramme des valeurs propres, qui représentent la dispersion du nuage de points (sa variance) en fonction des axes. Plus la proportion relative d'un axe est élevée (inertie de l'axe par rapport à l'inertie totale du nuage de points), plus l'information qu'il représente est importante et plus la qualité de la représentation est élevée.
- un rapport de corrélation des variables initiales avec chacun des nouveaux axes factoriels (les 4 premiers). Plus la corrélation est forte entre la variable initiale (le descripteur) et l'axe, plus la variable contribue à cet axe et plus le descripteur est un facteur discriminant entre les définitions.

- Plusieurs projections sont ensuite montrées au sein d'une même figure : (a) les projections des variables (descripteurs) dans l'espace des définitions, sachant qu'il y a autant de projection que de variables, et (b) les définitions dans l'espace des variables. Toutes ces projections se superposent, mais sont montrées de manière séparée pour plus de lisibilité. Lorsqu'une définition n'apparaît pas sur une projection (le point est manquant sur la projection), cela signifie que l'auteur n'a pas précisé ce descripteur (aucun terme n'a été utilisé).

Un premier ensemble de figures montre le résultat des axes 1 et 2, puis un second groupe de figures montre les axes 3 et 4.

L'inertie des axes factoriels d'une ACM est toujours faible comparativement aux autres analyses multivariées comme l'AFC ou l'ACP, le tableau étant transformé en un tableau disjonctif complet qui augmente le nombre de colonnes. Les valeurs propres  $l_c$  sont donc corrigées pour chaque axe selon la formule de Benzécri (1979) suivante :

$$l_c = \left( \frac{p}{p-1} \right)^2 \left( l - \frac{1}{p} \right)^2 \quad (\text{pour } l_c > 1/p)$$

avec  $l$  l'inertie initiale de l'axe et  $p$  le nombre de variables actives (nombre d'axes).

Caractérisation des définitions les plus centrales sur les 4 premiers axes :

Afin d'identifier les définitions les plus génériques, la distance à l'origine a été calculée pour les axes 1 et 2 d'une part et pour les axes 3 et 4 d'autre part, à partir des coordonnées des définitions. La distance à l'origine pour les axes 3 et 4 a alors été représentée en fonction de la distance à l'origine pour les axes 1 et 2. Les définitions les plus proches de l'origine de ce nouveau plan sont considérées comme les plus génériques. Un cadre regroupant ces définitions et représentant 10 % du total des définitions est montré.

L'Analyse Factorielle des correspondances Multiples (ACM) a été réalisée sur le tableau de données, afin de répondre aux questions suivantes :

- Y a-t'il des groupes de définitions utilisant des termes différents ?
- Quels sont les descripteurs les plus discriminants ?
- Y a-t'il des associations de termes privilégiées ?

## 2.3. Résultats

### 2.3.1. Évolution des définitions dans le temps

Les documents scientifiques les plus anciens traitant de la notion d'eutrophisation datent du début du 20<sup>ème</sup> siècle (Figure 2.2). La notion d'eutrophisation a dans un premier temps fait référence à l'eutrophisation « naturelle » s'exerçant sur des temps géologiques (paragraphe 2.3.1.1) ou de manière ponctuelle dans le temps et/ou dans l'espace (paragraphe 2.3.1.2) puis à la notion d'eutrophisation « artificielle » (paragraphe 2.3.1.3).

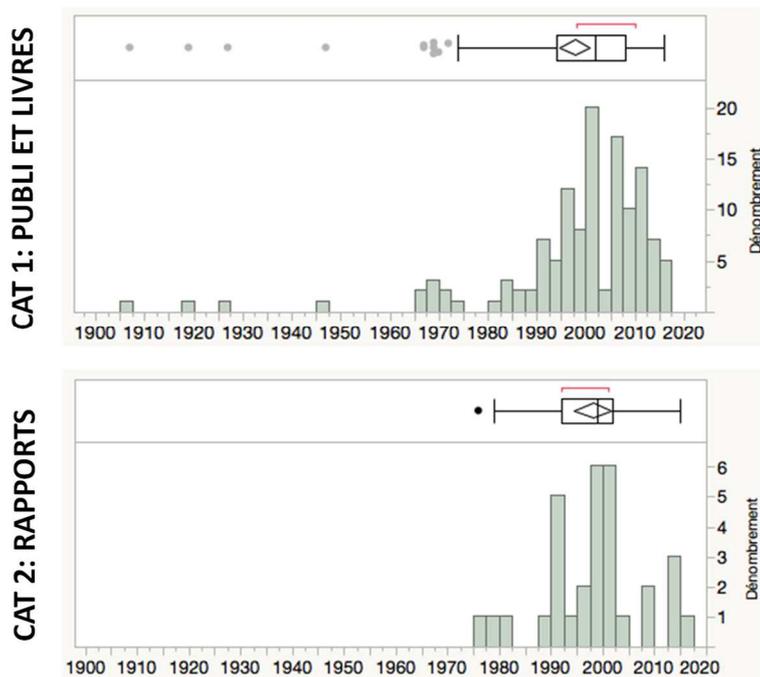


Figure 2.2. Distribution dans le temps des documents contenant une définition de l'eutrophisation pour les publications et les livres (en haut) et pour les rapports et les directives (en bas).

### 2.3.1.1. L'eutrophisation naturelle géologique

Dès le début du 20<sup>ème</sup> siècle (Figure 2.3), Weber (1907) décrit les différents étapes d'une tourbière en utilisant pour la première fois un vocabulaire emprunté au domaine médical (eutrophe et oligotrophe). La notion est développée par Naumann (1919) qui reprend les termes eutrophe et oligotrophe pour attribuer un statut à des lacs en se basant sur la composition de leurs eaux en plancton. Naumann (1919) établit déjà un lien entre le statut du lac et les concentrations en azote et en phosphore, sans toutefois le quantifier. Bien que ces auteurs n'aient pas formellement défini l'eutrophisation, ils en ont établi les premiers concepts en se basant sur l'observation de ses effets directs au sens de la figure 2.1. Une relation sera ensuite établie entre le statut des lacs et leur profondeur pour montrer qu'un même lac, au cours de son comblement, peut évoluer de l'oligotrophie vers l'eutrophie par diminution du volume de l'hypolimnion et accumulation de nutriments (Hutchinson 1967).

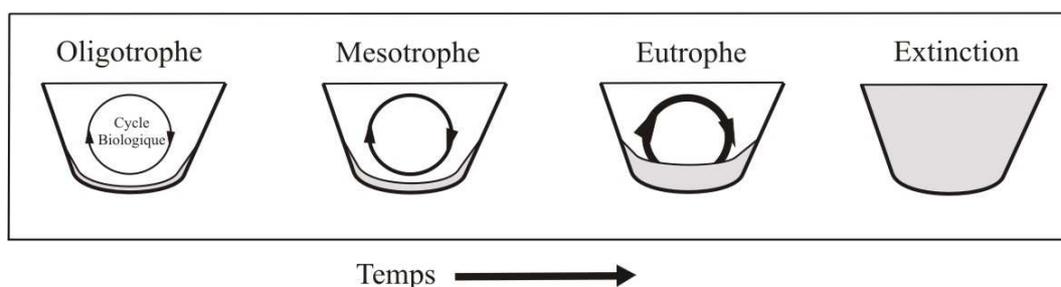


Figure 2.3: Différents stades de l'eutrophisation naturelle dans un lac. Le phénomène se déroule sur des échelles de temps géologiques (d'après (Sawyer 1966)).

Dans ce contexte, l'eutrophisation se définit comme un « processus » d'enrichissement en nutriments associé au vieillissement d'un écosystème aquatique sur des échelles de temps géologiques (plusieurs

milliers d'années à plusieurs centaines de milliers d'années, Figure 2.4). Les nutriments d'origines naturelles, même apportées en très faibles quantités, s'accumulent dans les écosystèmes aquatiques sur ces longues échelles de temps. Le comblement naturel des écosystèmes aquatiques, qui se déroule aussi sur des temps géologiques, entraîne une diminution de leur volume, contribuant à concentrer les nutriments dans l'eau. Ce type d'eutrophisation naturelle n'est pas lié à une augmentation des apports externes de nutriments mais à l'évolution lente des écosystèmes aquatiques. Certains auteurs comme Whiteside (1983) considèrent que pour ce processus, le terme "ontogenèse" serait plus pertinent que celui d'eutrophisation.

#### *2.3.1.2. L'eutrophisation naturelle ponctuelle dans le temps et/ou dans l'espace (événementielle)*

Les processus associés à l'eutrophisation, comme les proliférations végétales et les anoxies, peuvent se développer naturellement de manière limitée dans l'espace et / ou dans le temps.

L'augmentation de la production primaire de surface dans les régions d'upwelling, suite à la remontée d'eau profonde riche en nutriments, peut entraîner une hypoxie temporaire en cas de forte stratification (thermique ou haline) ou de faible renouvellement des masses d'eau profondes, limitant ainsi leur réaération. Bien que sur une courte échelle de temps, ce processus impacte l'écosystème de part sa récurrence. Un tel processus est observé le long des côtes de Namibie, induit par le courant du Benguela.

L'eutrophisation par les oiseaux (ornithological eutrophication) peut constituer un exemple d'eutrophisation naturelle à moyen terme, en particulier par les oiseaux migrateurs. Les flux de N et P sont très variables en fonction des espèces, de leur abondance et de la période de l'année. Cependant, leur impact ne va être significatif que dans les plans d'eau présentant un statut oligotrophe et un faible taux de dilution.

L'accumulation mécanique de matière organique reminéralisable sous l'effet des vents et des courants peut constituer une forme d'eutrophisation événementielle. Dans les lagunes de Méditerranée française, les tempêtes peuvent conduire parfois à l'arrachage des herbiers de phanérogames (représentatifs des milieux oligotrophes), qui s'accumulent dans les secteurs périphériques peu profonds et ainsi entraîner de façon exceptionnelle des anoxies temporaires dans l'eau.

#### *2.3.1.3. L'eutrophisation anthropique*

Après la seconde guerre mondiale, la notion d'eutrophisation « artificielle » va apparaître dans les définitions, avec la mise en évidence du rôle des activités humaines sur l'enrichissement des lacs en phosphore et en azote (Hasler 1947). Le terme « anthropique » sera ensuite privilégié, comme l'illustre son utilisation dans 11 définitions des 118 définitions (toutes datant d'après 1984).

L'eutrophisation naturelle, (ou géologique) n'est généralement pas perceptible sur des périodes de temps inférieures à quelques centaines d'années. Un écosystème non encore anthropisé (non modifié par les activités humaines) n'est pas forcément dans un état oligotrophe comme le montre la ligne pleine en Figure 2.4. L'eutrophisation naturelle fait que chaque écosystème possède son propre état écologique, issu de son histoire géologique, au moment où les activités humaines commencent à le modifier. Cet état peut varier de l'oligotrophie à l'eutrophisation avancée. Ainsi, la mer Baltique, touchée par l'eutrophisation anthropique depuis des décennies, subissait déjà des hypoxies de fond il y a plus de 8 000 ans (Zillén et al. 2008). A l'opposé, certaines lagunes méditerranéennes, dont la formation remonte à quelques milliers d'années, présentent des eaux pratiquement aussi oligotrophes que les eaux marines extérieures (voir lagune d'Ayrolle, Souchu et al. 2010).

L'eutrophisation anthropique se distingue de l'eutrophisation naturelle par une évolution se déroulant sur des échelles de temps beaucoup plus réduites (quelques années à quelques dizaines d'années (Figure 2.4).

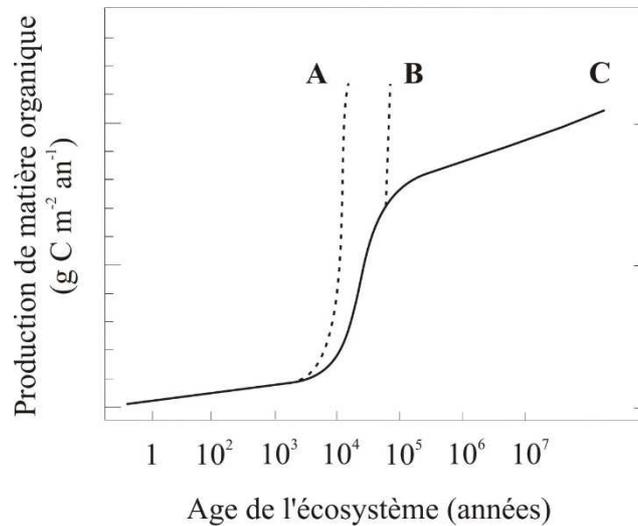


Figure 2.4. Trajectoires hypothétiques du niveau d'eutrophisation d'un écosystème aquatique indiqué par sa production de matière organique par unité de temps et de surface. La ligne pleine correspond à l'eutrophisation naturelle qui se développe sur des temps géologiques (de plusieurs milliers d'années à plusieurs millions d'années) jusqu'à l'éventuelle extinction (comblement). Les lignes pointillées indiquent l'accélération induite par l'eutrophisation anthropique, A : à partir d'un stade oligotrophe ; B : à partir d'un stade eutrophe (d'après Hasler 1947).

A partir des années 1990, les publications scientifiques et les rapports comprenant une définition de l'eutrophisation ne vont cesser d'augmenter, jusqu'aux années 2000. Trois des quatre publications les plus citées du corpus datent de ces années (Carpenter, Bolgrien et al. 1998, Smith, Tilman et al. 1999, Cloern 2001). Par la suite, le nombre de définitions trouvées diminue alors que les publications portant sur l'eutrophisation continuent d'augmenter exponentiellement (Figure 2.5).

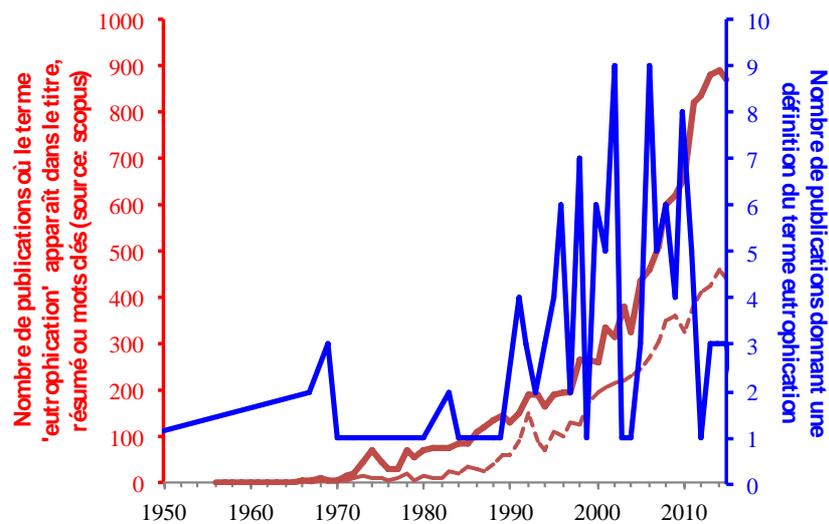


Figure 2.5. Évolution depuis 1950 du nombre de publications scientifiques dédiées à l'eutrophisation (en rouge ; le nombre de publications en eau douce est en trait plein et en milieu marin en trait pointillé) et du nombre de livres et publications (trouvés dans cette expertise) donnant une définition de l'eutrophication (en bleu).

### 2.3.2. Répartition selon les types d'écosystèmes

Les définitions de l'eutrophisation issues des publications et livres concernent majoritairement des milieux continentaux (Figure 2.6, en haut). Celles concernant les milieux marins représentent environ un tiers de l'ensemble alors que celles issues de documents couvrant le continuum eau douce/eau de mer (ED&M) sont plus rares (10%). Enfin, les définitions dédiées aux milieux terrestres et terrestres humides sont très minoritaires (seulement 2 articles sur 120). La distribution des définitions en fonction de leur origine est similaire pour les rapports (Figure 2.6, en bas).

La figure 2.5 illustre l'antériorité des études en eaux douces avec un pourcentage de définitions publiées avant 1990 (zone hachurée) largement plus élevé pour les eaux douces que pour les eaux marines et autres milieux.

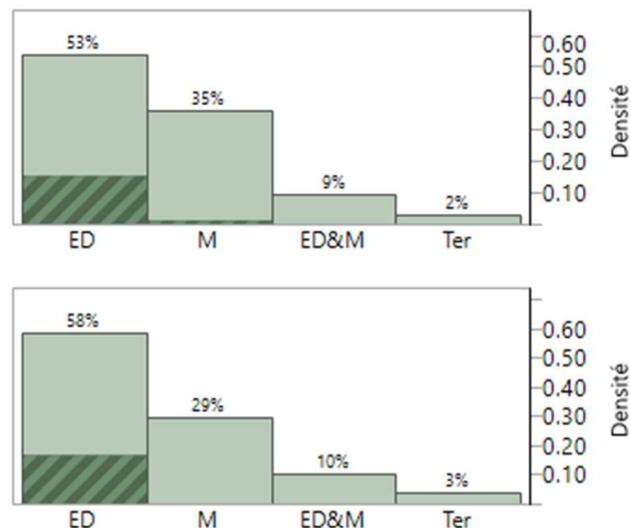


Figure 2.6: Distribution des définitions en fonction de leur origine (ED : eaux douces ; M : eaux marines ; ED&M : eaux douces et marines ; Ter : écosystèmes terrestre) pour les publications et livres (en haut) et pour les rapports et directives (en bas). La partie hachurée indique la proportion des définitions antérieures à 1990.

### 2.3.3. Analyse du contenu des définitions

#### 2.3.3.1. Analyse générale

Le contenu des définitions a dans un premier temps été étudié sur la base de 3 principales catégories : causes, effets directs et effets indirects de l'eutrophisation. Les causes sont évoquées dans environ 90% des définitions, qu'elles soient tirées d'articles, de livres ou de rapports, et les effets directs dans 80% des définitions. En revanche, les conséquences n'apparaissent que dans 56% des définitions trouvées dans les publications et livres. Le pourcentage monte à 77% pour les définitions issues des rapports et directives.

La majorité des définitions ne précisent pas l'origine (naturelle ou anthropique) de l'eutrophisation (57 % des cas) et lorsqu'elles le précisent, il s'agit, dans la moitié des cas, de la double origine. Le mot 'enrichissement' est le terme le plus utilisé dans les définitions (dans 22 à 54 % des définitions, selon la ressource documentaire). Le mot 'processus' (seul ou associé à enrichissement) intervient dans 17 à 27 % des définitions, toujours selon la ressource documentaire. Une connotation négative portant sur les causes (apports excessifs, pollution), sur les effets directs (croissance excessive) ou sur les effets indirects (détérioration, dégradation) est ajoutée dans 20 à 63% des cas : 20% lorsque la définition

provient d'un livre, 36 % lorsqu'elle est issue d'une publication scientifique, 40 % pour les rapports et 63 % pour les sites internet. Pour moitié environ, ces aspects négatifs concernent les effets indirects.

De manière plus détaillée, une analyse des termes les plus utilisés dans les livres et publications a été effectuée. Concernant les causes, le couple « azote et phosphore » est utilisé dans 32 % des cas, contre 38 % pour le terme « nutriment ». Pour les effets directs, les producteurs primaires en général et les algues sont les termes les plus souvent cités (producteurs primaires cités dans 46% des définitions des livres, algues citées dans 32 % des définitions issues des publications. Les effets indirects, lorsqu'ils sont cités, sont multiples ; l'effet le plus cité (26-29% des définitions) est la diminution de la concentration en oxygène, toutes sources documentaires confondues. Après la diminution des concentrations en oxygène, au sein des publications les effets indirects les plus cités sont une altération des services écosystémiques (14 % des définitions), la toxicité (14 %), une baisse de diversité (12 %) et une dégradation de la qualité des eaux (11 %). Dans les livres, ce sont une augmentation de la turbidité (14% ds définitions) et une baisse de diversité (11 %). Dans les rapports, il s'agit de la dégradation de la qualité de l'eau (24 %), une altération des services écosystémiques (24%) et une baisse de diversité (20 %).

En se basant sur la fréquence des termes utilisés, la définition la plus commune associerait les idées suivantes : « **un enrichissement en nutriments inorganiques d'origine naturelle et anthropique, une augmentation de la croissance des algues (microalgues et macroalgues) ou des producteurs primaires en général et des conséquences indirectes multiples, en particulier une réduction de la concentration en oxygène** ».

### 2.3.3.2. Analyse des définitions scientifiques

L'analyse statistique est restreinte aux définitions portant sur les écosystèmes aquatiques et issues des publications scientifiques et livres, soit 118 au total. L'analyse des 4 premiers axes factoriels permet de caractériser la moitié de l'information contenue dans le tableau des définitions (Figure 2.7).

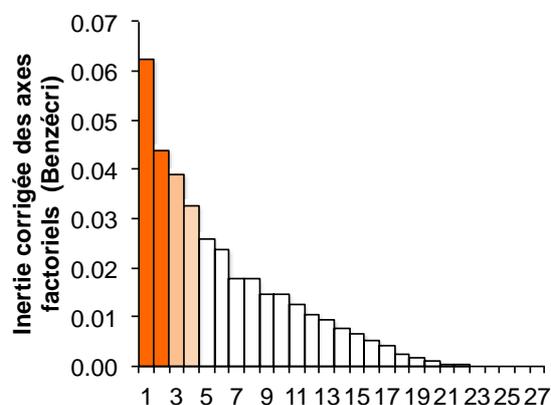


Figure 2.7. Histogramme des valeurs propres corrigées (ou inertie) des axes factoriels. Les 4 premiers axes représentent 50.2 % de l'inertie totale.

*Analyse du premier plan factoriel (axes 1 et 2 portant 31.5 % de l'inertie totale) :*

L'ACM indique que les effets indirects, qu'ils soient orientés écosystèmes (diversité, toxicité, concentration en oxygène) ou vers l'homme (impact sur la qualité de l'eau et les services écosystémiques), constituent le principal facteur discriminant les définitions (Figures 2.8 et 2.9). En effet, ces deux groupes contribuent en moyenne à hauteur de 25 % et de 33 % pour chacun des 2 premiers axes, soit un total de 55 % de chacun des axes expliqué par les effets indirects cités dans les définitions (Figure 2.8). Le « qui des effets directs » (le type de producteur primaire cité dans la

définition) contribue également pour 22 % pour l'axe 1 et le « qui des causes » (le facteur nutritif cité) pour 19 % de l'axe 2 (Figure 2.8).

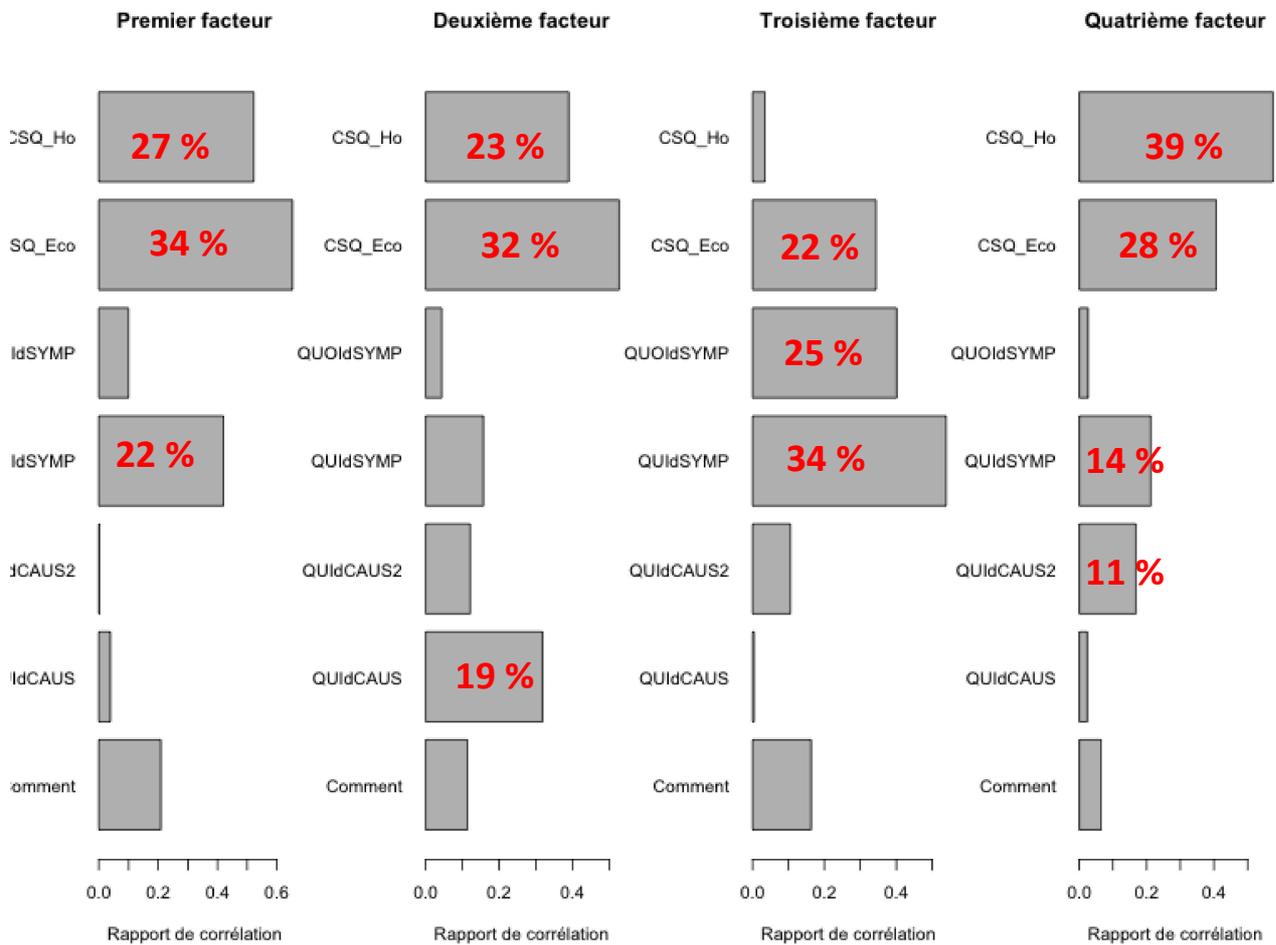


Figure 2.8. Rapports de corrélation des descripteurs (Tableau 2.2) pour les 4 axes factoriels. Les contributions des descripteurs les plus significatives aux axes sont indiquées en rouge. CSQ\_Ho : Conséquences pour l'Humain ; CSQ\_Eco : conséquences écologiques ; QUOIdSYMP : Quoi des symptômes ; QUIIdSYMP : Qui des symptômes ; QUIIdCAUS2 : Qui des causes2 (organique et/ou inorganique) ; QUIIdCAUS : Qui des causes : (Nutriment, N, P) ; Comment : naturel ou artificiel.

Sur la figure 2.9, la projection de la variable « effets indirects pour l'homme » montre une séparation des définitions en fonction des deux premiers axes, avec les définitions citant uniquement la dégradation de la qualité en haut à droite, celles citant uniquement les services écosystémiques tout à gauche, celles citant les deux conséquences au milieu dans la partie haute du graphique et celles ne citant pas ces conséquences en partie centrale basse. La projection de la variable « effets indirects sur l'écosystème » montre une séparation des définitions citant uniquement une diminution de la diversité et celles citant uniquement une augmentation de la toxicité en haut à gauche par rapport aux autres définitions (Figure 2.9).

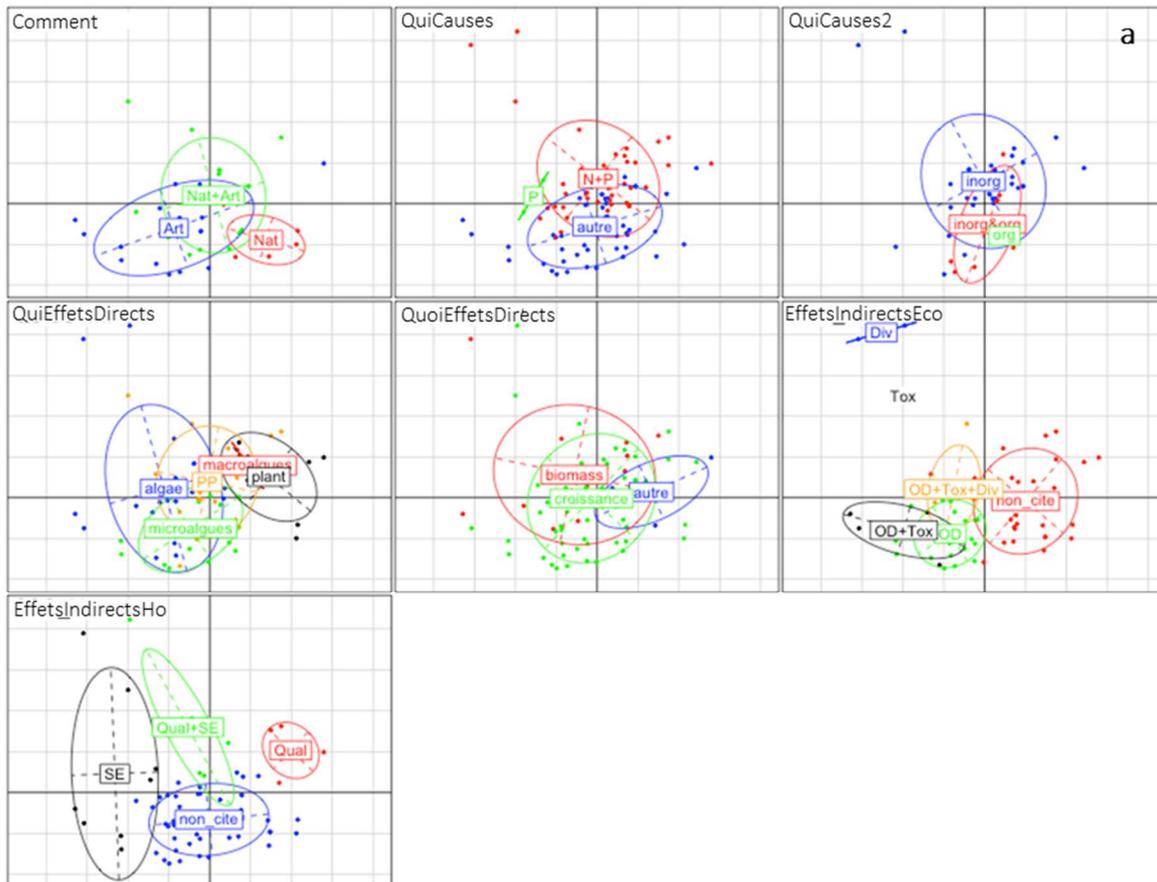


Figure 2.9. Projection des axes 1 et 2 (30 % de l'inertie totale) de l'analyse factorielle des correspondances multiples portant sur les définitions issues des livres et publications: projection des variables dans l'espace des définitions.

Sur la figure 2.10, plus de 50 % des définitions sont localisées au centre du nuage des définitions, à une distance inférieure à 0.5 du centre du nuage (cercle en pointillé bleu) et 13 % seulement sont au-delà de 1 (cercle en pointillé rouge). Les axes 1 et 2 de l'ACM séparent les définitions citant uniquement la diversité (Van Straten and Keesman 1991, Ferreira et al. 2011) ou uniquement la toxicité (Hilton et al. 2006) en haut à gauche de la projection. Ces définitions citent également des effets indirects pour l'homme, avec les services écosystémiques. Un second groupe de définitions se distingue à droite de la projection, avec Cloern *et al.* (2013), Rast and Thornton (1996), Savci (2012), Ahmad and Idris (2014), Smith *et al.* (2006) et Rabalais *et al.* (2009). Ces définitions citent une dégradation de la qualité de l'eau, mais sans citer de services écosystémiques. Les définitions citant une origine uniquement naturelle de l'eutrophisation se regroupent en bas à droite de la projection, avec les livres de Blackall and Burrell (1998) et de Wetzel (1983) et les publications de Naumann (1919), d'Anderson *et al.* (2002) et Doyle and Parsons (2002). Ces deux derniers auteurs donnent à la fois une définition pour le processus naturel de l'eutrophisation et une définition incluant le facteur anthropique. Un quatrième groupe de définitions est observé en bas à gauche et citent une origine strictement anthropique (Figure 2.10) : Thomas (1969), Xu *et al.* (2010), Bierman *et al.* (1984), Horne and Goldman (1994), Picart *et al.* (2015), Campbell *et al.* (1997) et Turner and Rabalais (1994). Quatre de ces définitions situées les plus à gauche (Thomas 1969, Bierman et al. 1984, Horne and Goldman 1994, Xu et al. 2010) citent également un impact sur les services écosystémiques. Enfin, Cabrita *et al.* (2015) est une des définitions les plus longues et cite l'ensemble des effets de l'eutrophisation.

Il est à noter que les définitions ayant le plus grand nombre de citations (Nixon 1995, Carpenter et al. 1998, Correll 1998, Smith et al. 1999, Cloern 2001, Anderson et al. 2002) sont localisées entre les 2 cercles, autrement dit non pas au centre du nuage, mais dans la première couronne du nuage de points (Figure 2.10).

Ce premier plan factoriel montre donc un nuage de définitions compact, traduisant leur faible dispersion. Les principaux facteurs discriminant les définitions sont les effets indirects qui sont citées une fois sur deux.

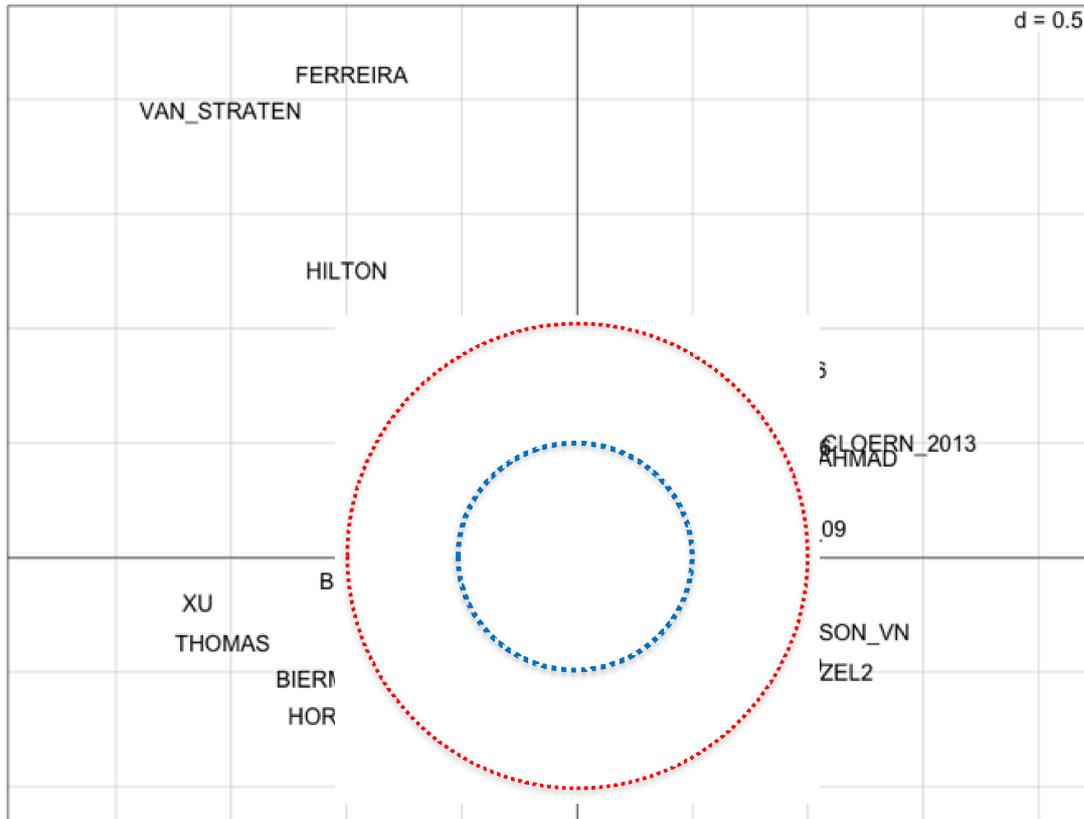


Figure 2.10. Projection des axes 1 et 2 (30 % de l'inertie totale) de l'analyse factorielle des correspondances multiples portant sur les définitions issues des livres et publications: projection des définitions dans l'espace des variables. Les cercles indiquent la distance à l'origine (bleu : 0,5 ; rouge : 1). Les définitions surlignées en jaune correspondent aux 8 publications les plus citées de notre corpus (> 400 fois d'après le WOS), sans celle de Smith de 1999 qui est masquée dans la zone centrale.

#### Analyse du second plan factoriel (axes 3 et 4)

Le second plan factoriel prend en compte 20 % de l'inertie totale. Tout comme le premier plan factoriel, les définitions sont très concentrées autour de l'origine, avec un nuage de points montrant une faible dispersion (Figure 2.11).

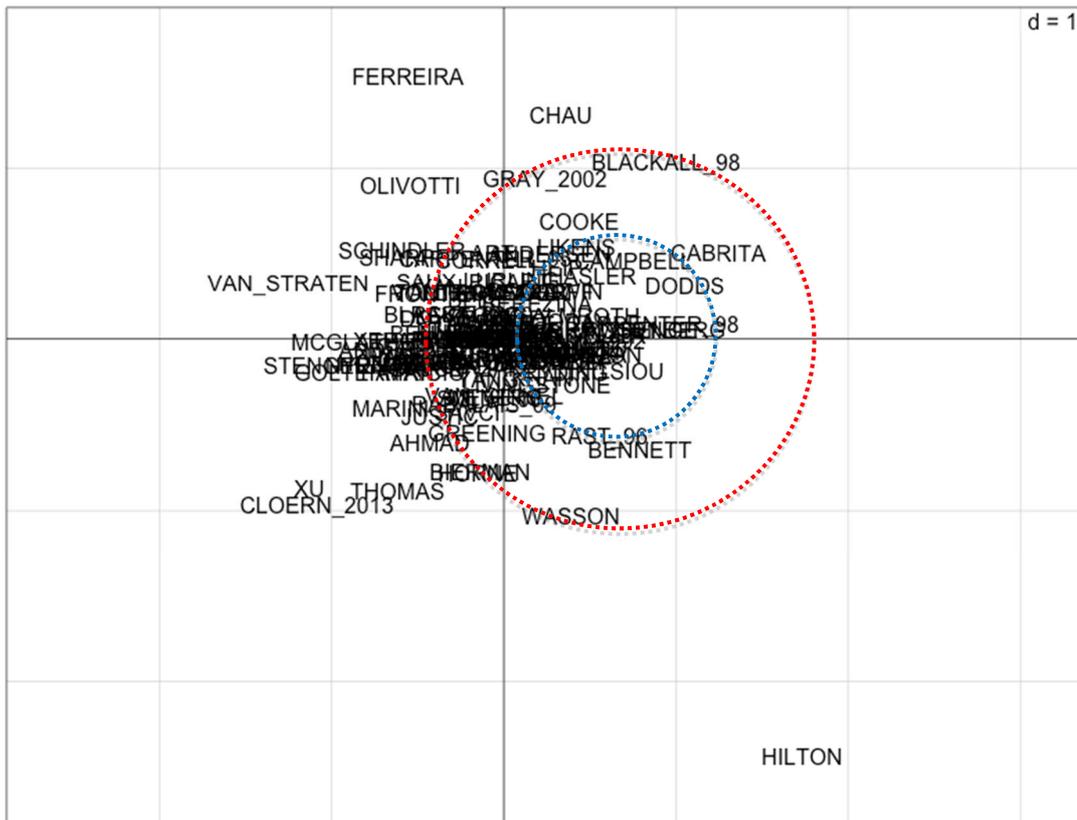


Figure 2.11. Projection des axes 3 et 4 (20 % de l'inertie totale) de l'analyse factorielle des correspondances multiples portant sur les définitions issues des livres et publications : projection des définitions dans l'espace des variables. Les cercles indiquent la distance à l'origine (bleu : 0,5 ; rouge :1).

Le « quoi des effets directs » (croissance, biomasse, autre avec par exemple un changement de structure de communauté) et le « qui des effets directs » (le producteur primaire cité) contribuent pour 25 % et 34 % respectivement à l'axe 3 horizontal (Figure 2.8). Sur la figure 2.12, les définitions citant les plantes vasculaires comme producteur primaire sont regroupées sur la gauche de la projection, tandis que les définitions citant les producteurs primaires en général sont regroupées sur la droite. Un chevauchement est cependant observé avec les autres groupes (microalgues, algues et macroalgues). L'augmentation de la production primaire (croissance) est l'effet le plus cité dans les définitions et son nuage de points se retrouve donc en partie centrale de la projection. L'axe 3 sépare néanmoins les 2 autres effets, augmentation de la biomasse et changement de la structure des communautés, à gauche de la projection. Au niveau des effets indirects orientés « écosystème », les définitions les plus complètes (citant à la fois la concentration en oxygène, la toxicité et la diversité) se séparent des définitions citant la concentration en oxygène et la toxicité, de part et d'autre de l'axe vertical (Figure 2.12).

Les effets indirects pour l'Homme et pour l'écosystème sont les variables qui contribuent le plus à l'axe 4, avec 39% et 28% respectivement. Ce quatrième axe sépare les définitions citant uniquement la toxicité (Hilton) de celles citant uniquement la baisse de diversité (Ferreira et Van Straten). Il isole également sur la partie haute de la projection les définitions citant à la fois la dégradation de la qualité de l'eau et les impacts sur les services écosystémiques : Ferreira et al. 2011, Olivotti *et al.* 1986, Chau and Jin 1998, Blackall and Burrell 1998 et Cabrita *et al.* 2015.

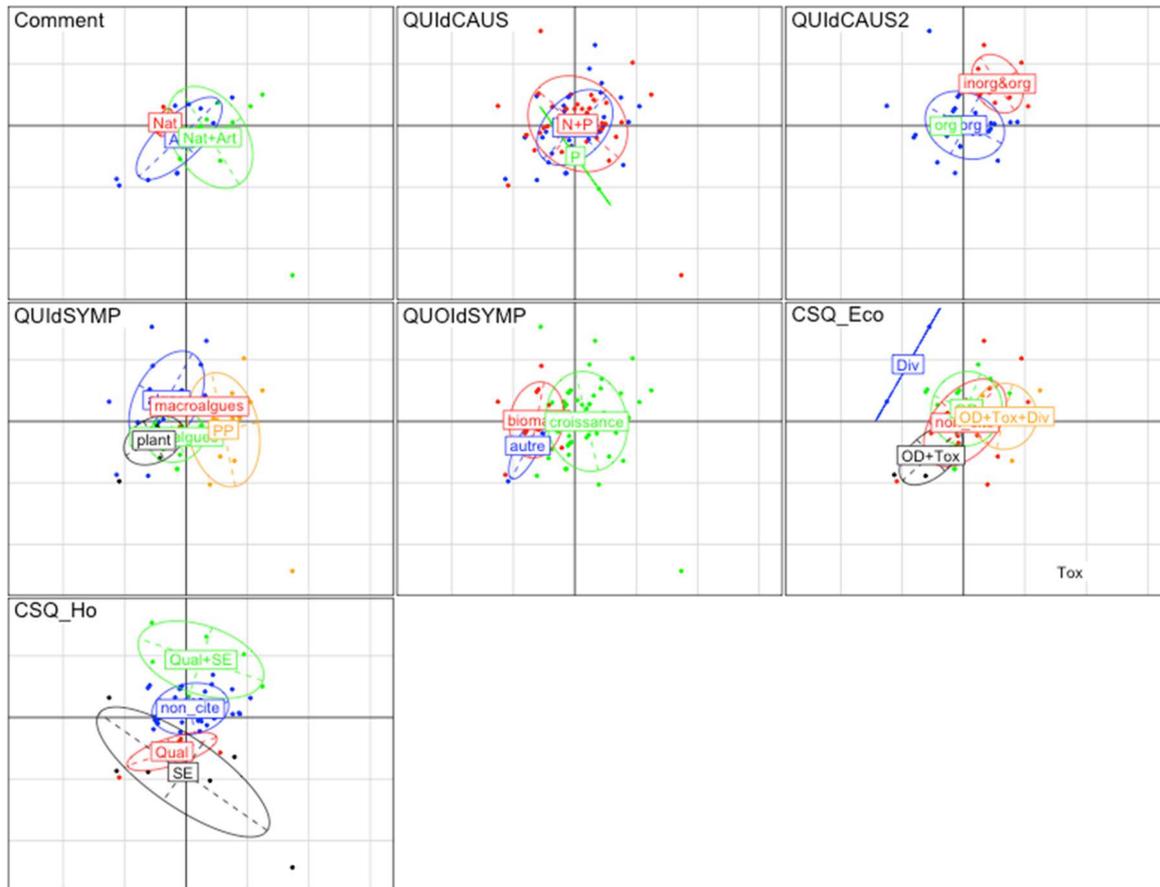


Figure 2.12. Projection des axes 3 et 4 (20 % de l'inertie totale) de l'analyse factorielle des correspondances multiples portant sur les définitions issues des livres et publications : projection des variables dans l'espace des définitions.

#### Analyse des définitions les plus centrales dans la projection :

L'identification des définitions présentant une distance minimum du centre du nuage permet de regrouper celles présentant le meilleur compromis, autrement dit « celles s'éloignant le moins des autres définitions dans leur composition » (Figure 2.13). Alors que les définitions issues des articles les plus cités ont été observées à mi-distance sur la projection (entre les 2 cercles ; Figure 2.10), celle de Smith *et al.* (1999) est à la fois centrale sur l'ACM et une des publications les plus citées (> 800 fois). A noter de plus que cette publication est beaucoup citée pour sa définition, ce qui n'est pas forcément le cas de toutes les autres publications, généralement citées pour leurs résultats plus que pour leur définition. Lorsque des auteurs citent une définition dans leur publication, c'est le plus souvent celle de Nixon (1995) ou celle de Smith *et al.* (1999).

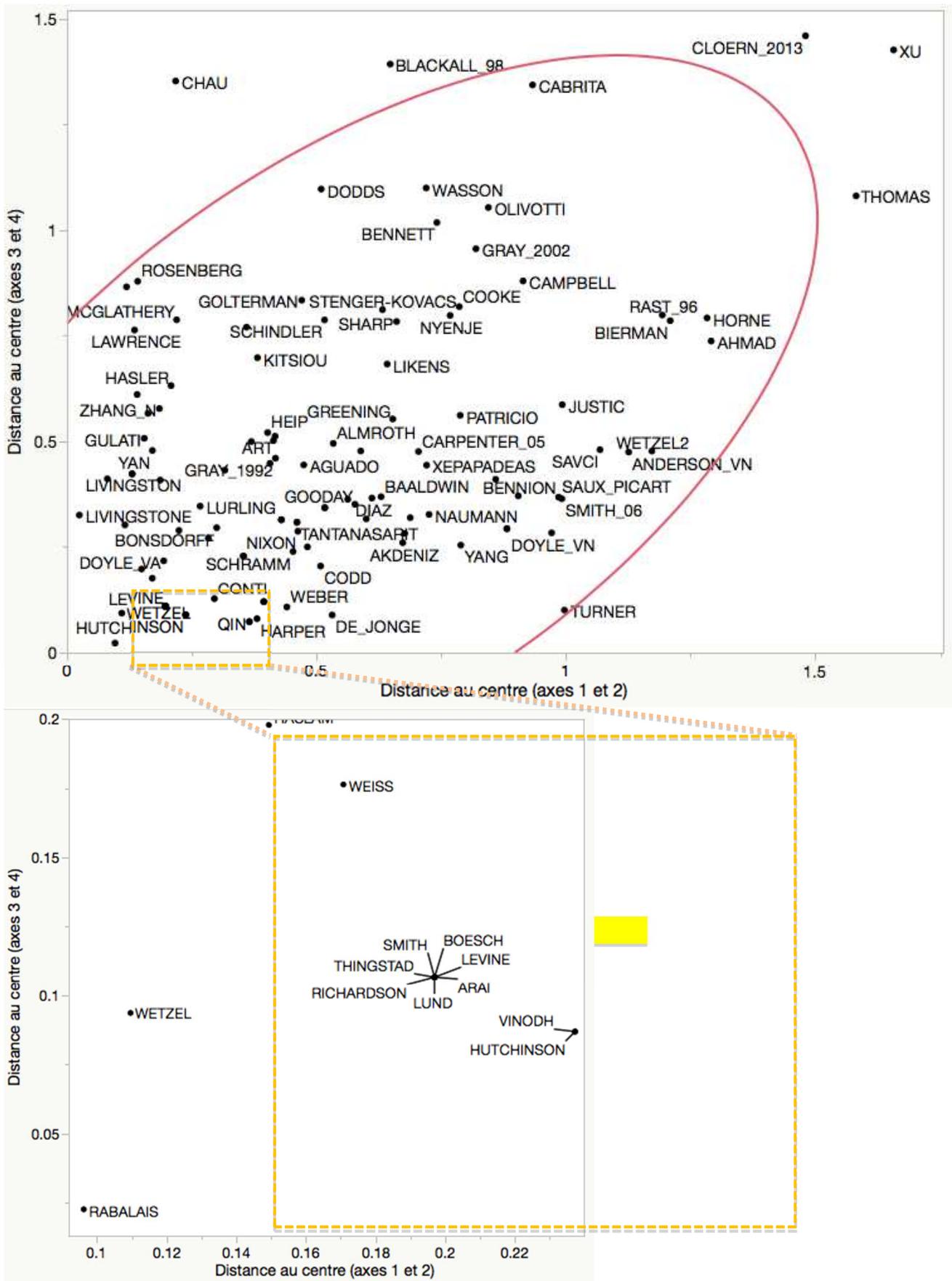


Figure 2.13. Distance du centre du nuage de points des définitions (issues des livres et publications) dans le plan formé par les axes 1 et 2 et dans le plan formé par les axes 3 et 4.

Rabalais (2004) est la première définition identifiée par l'analyse (Tableau 2.3). C'est la plus proche de l'origine sur les 4 premiers axes factoriels de l'ACM (Figure 2.14). Cette définition s'inspire de celle de Nixon (1995) qui demeure parmi les plus citées. La définition mentionne un changement de statut nutritionnel (l'écosystème devient plus productif). Cependant, Rabalais (2004) n'introduit pas la notion d'enrichissement, à la différence de Nixon (1995). La définition de Rabalais (2004) contient, d'une certaine manière, le plus petit dénominateur commun de l'ensemble des définitions collectées. Rabalais (2004) définit le processus d'eutrophisation sur la base d'une évolution de la production de l'écosystème sans préjuger de la cause et donc sans distinguer l'eutrophisation naturelle de l'eutrophisation anthropique. Weiss (1969) apporte cette nuance en faisant référence à la fertilisation (Tableau 2.3). La définition de Wetzel (1983) est similaire à celle de Rabalais (2004) mais plus atypique car elle ne fait jamais référence au niveau trophique de l'écosystème. Parmi les autres définitions proches du centre du nuage de points, certaines évoquent l'enrichissement en nutriments de l'écosystème, sans faire référence à un changement de niveau trophique (Hutchinson 1967, Lund 1967, Thingstad 1998, Boesch 2008). Levine et Schindler (1989) ne définissent pas vraiment l'eutrophisation mais ils la considèrent comme un processus découlant des apports croissants de nutriments dans l'écosystème. La définition de Vinodh (2010) est la seule à se baser uniquement sur l'enrichissement en nutriments par des apports externes. Trois des définitions proches du centre du nuage de points incluent à la fois la notion d'enrichissement en nutriments et le changement de niveau trophique mais des nuances apparaissent sur la façon dont elles sont enchaînées. Ainsi, Richardson et Jørgensen (1996) mettent en avant l'enrichissement en nutriments alors qu'Arai (2001) renverse la définition de Richardson et Jørgensen (1996) en privilégiant la transformation de l'écosystème. Smith *et al.* (1999) centrent aussi leur définition sur la réponse de l'écosystème en évoquant la cause en deuxième plan.

Il est apparu intéressant de comparer les définitions issues des résultats de l'analyse avec celle des publications les plus citées sur l'eutrophisation (Tableau 2.3), même si les dernières n'ont pas forcément été citées pour leur définition. L'article de Nixon (1995) est probablement l'un des plus cités, sinon le plus cité, pour sa définition. Sa distance du centre du nuage est faible (Figure 2.14) ; sa syntaxe ne permet pas de donner une priorité au processus d'enrichissement ou à l'augmentation de la production de l'écosystème, ni de distinguer l'eutrophisation naturelle de l'eutrophisation anthropique (Tableau 2.3). Cette définition ne s'engage pas non plus à décrire les effets (directs ou indirects) liés à l'augmentation de productivité de l'écosystème. La définition de Smith *et al.* (1999), qui est présente à la fois dans celles retenues par l'analyse et celles les plus citées, ajoute le terme « nutriment ». Smith *et al.* (1999) n'évoquent aucun effets directs ou indirects dans leur définition, même s'ils déclinent de façon assez exhaustive les effets de l'eutrophisation dans les différents types d'écosystèmes aquatiques dans leur publication. Cloern (2001) intègre les effets directs et indirects dans sa définition, mais les rassemble dans le terme « réponse » d'un écosystème à des apports de nutriments d'origines humaines (Tableau 2.3). La définition de Carpenter *et al.* (1998) se concentre sur le problème environnemental avec ses effets directs (blooms d'algues) et indirects (anoxies) les plus visibles. Les quatre définitions de l'eutrophisation issues des articles les plus cités sur le sujet présentent ainsi des orientations différentes. La seule définition faisant partie à la fois des articles les plus cités et de celles ressorties de l'analyse statistique, Smith *et al.* (1999), identifie un changement de statut trophique causé par une disponibilité accrue des nutriments mais n'évoque ni effets directs, ni effets indirects.

Tableau 2.3. Synthèse des définitions les plus proches du centre du nuage de points en comparaison avec celles des articles les plus cités contenant une définition. L'origine thématique des auteurs est indiquée comme suit : D, eau douce, M, eaux marines, C, continuum, A, autre. Les croix indiquent si la définition repose sur la notion d'enrichissement en nutriment et/ou sur la notion d'évolution de l'écosystème. Lorsque les deux processus sont évoqués les chiffres 1 et 2 renseignent sur l'ordre d'apparition.

|   | Nom du 1 <sup>er</sup> auteur | Origine | Définition  | Nature du processus          |                   |
|---|-------------------------------|---------|---|------------------------------|-------------------|
|   |                               |         |   | Enrichissement en nutriments | Changement d'état |
| Définitions les plus proches du centre du nuage de points | Arai, 2001                    | M       | For the purpose of this paper, eutrophication is defined as "the process of changing the nutritional status of a given water body by increasing the nutrient resources  | 2                            | 1                 |
|   | Boesch, 2008                  | M       | Eutrophisation : the abundant accumulation of nutrients in an ecosystem   | X                            |                   |
|   | Hutchinson, 1967              | D       | increase of nutritive substances in a lake, especially phosphorus and nitrogen  | X                            |                   |
|   | Levine, 1989                  | D       | The eutrophication processes resulting from increased nutrient inputs are reasonably well understood today...   |                              | X                 |
|   | Lund, 1967                    | D       | Eutrophication means "the process of becoming rich in dissolved nutrients"  | X                            |                   |
|   | Rabalais, 2004                | M       | Eutrophication is the increase in the rate of carbon production and carbon accumulation in an aquatic ecosystem. Initially a description for the natural aging process of freshwater systems. Definition recognizes that eutrophication is not a trophic state, but a process involving changes leading to higher ecosystem production  |                              | X                 |
|   | Richardson, 1996              | M       | Eutrophication can be defined as the process of changing the nutritional status of a given water body by increasing the nutrient resources.   | 1                            | 2                 |
|   | Smith, 1999                   | C       | Eutrophication is the process by which water bodies are made more eutrophic through an increase in their nutrient supply.   | 2                            | 1                 |
|   | Thingstat, 1998               | M       | eutrophication (here defined as increasing nutrient content)  | X                            |                   |
|   | Vinodh, 2010                  | A       | Water eutrophication represents over abundance of nutrients added to a water ecosystem. This impact is typically measured in either kg phosphate equivalent (PO4e) or kg nitrogen (N) equivalent.   | X                            |                   |
|   | Weiss, 1969                   | A       | eutrophication is defined as "the process of becoming more eutrophic, either as a natural phase in the maturing, or artificially, as by fertilization.  |                              | X                 |
|   | Wetzel, 1983                  | D       | Eutrophication refers to enrichment of aquatic systems by inorganic plant nutrients. Eutrophication can be defined as the natural aging process of aquatic ecosystems.  |                              | X                 |
| Définitions les plus citées                               | Anderson, 2002                | M       | Eutrophication is the natural aging process of aquatic ecosystems. The term was formerly used mostly in reference to the natural aging of lakes wherein a large, deep, nutrient-poor lake eventually becomes more nutrient-rich, more productive with plant and animal life, and slowly fills in to become a pond, then a marsh (Wetzel 1983). More recently, the term has been used to refer to cultural or accelerated eutrophication of lakes, rivers, estuaries, and marine waters, wherein the natural eutrophication process is advanced by hundreds or thousands of years by human activities that add nutrients (Burkholder 2000).  |                              | X                 |
|   | Carpenter, 1998               | D       | Eutrophication is characterized by blooms of noxious algae, excessive growths of aquatic macrophytes, episodes of anoxia, dominance of the zooplankton by small, inefficient grazers, and dominance of the fish biomass by benthivores.   |                              | X                 |
|   | Cloern, 2001                  | M       | I use the word eutrophication in a more general sense to reference the myriad biogeochemical and ecological responses, either direct or indirect, to anthropogenic fertilization of ecosystems at the land-sea interface.   |                              | X                 |
|   | Correll, 1998                 | C       | Eutrophication is the overenrichment of receiving waters with mineral nutrients. The results are excessive production of autotrophs, especially algae and cyanobacteria. This high productivity leads to high bacterial populations and high respiration rates, leading to hypoxia or anoxia in poorly mixed bottom waters and at night insurface waters during calm, warm conditions. Low dissolved oxygen causes the loss of aquatic animals and release of many materials normally bound to bottom sediments including various forms of P. This release of P reinforces the eutrophication. Excessive concentrations of P is the most common cause of eutrophication in freshwater lakes, reservoirs, streams, and headwaters of estuarine systems. In the ocean, N becomes the key mineral nutrient controlling primary production. | X                            |                   |
|   | Nixon, 1995                   | M       | Eutrophication is an increase in the rate of supply of organic matter to an ecosystem. Process, not trophic state   | X                            | X                 |
|   | Smith, 1999                   | M       | Eutrophication is the process by which water bodies are made more eutrophic through an increase in their nutrient supply.   | 2                            | 1                 |

### 2.3.3.3. Analyse des définitions complémentaires

#### Définitions atypiques non mises en avant dans l'analyse statistique :

Quelques définitions approchent l'eutrophisation sous un angle particulier difficilement retranscrit lors du découpage des définitions (Tableau 2.4). La définition de Frontier (Frontier, Pichod-Viale et al. 2008) fait référence à une altération des flux de matière et d'énergie pouvant concerner tout système vivant. Celle de Dodds and Cole (2007) se rapproche de celle de Frontier et al. (2008) mais en évoquant de façon explicite l'activité métabolique globale de l'écosystème, tout en distinguant autotrophie et hétérotrophie. Toujours dans une approche embrassant l'ensemble de l'écosystème, Schramm (1996) se base sur le dépassement d'un seuil au-delà duquel un déséquilibre apparaît dans le cycle des nutriments et les flux de matières. La définition de Le *et al.* (2010) est centrée sur les propriétés chimiques de l'eau. Certaines définitions se concentrent sur un modèle biologique, comme le phytoplancton (Khan and Ansari 2005), voire même sur une partie du phytoplancton (Zhang et al. 2013) sans évoquer les autres producteurs primaires. Certaines définitions donnent une connotation proche d'une pathologie de l'écosystème, avec un vocabulaire emprunté au domaine médical comme le sont les termes eutrophe ou anoxie. Suhr (2014) parle de déviation par rapport à un état sain. Enfin, Carpenter et al. (1998) et Cloern et al. (2013) font appel à la notion de syndrome, que le dictionnaire Larousse définit comme un ensemble de plusieurs symptômes ou signes en rapport avec un état pathologique donné et permettant, par leur groupement, d'orienter le diagnostic.

Tableau 2.4 : Synthèse des définitions atypiques non mise en avant par l'ACM. L'origine thématique des auteurs est indiquée comme suit : D, eau douce, M, eaux marines, C, continuum, A, autre.

| Nom du 1 <sup>er</sup> auteur | Origine | Définition   | Angle d'approche     |
|-------------------------------|---------|--|----------------------|
| Frontier, 2008                | M       | Il s'agit d'une désorganisation des flux de matière/énergie, due à une stase accidentelle trop importante de la biomasse   | Flux matière/énergie |
| Dodds, 2007                   | D       | Given the distinction between heterotrophic and autotrophic state, eutrophication can be defined as an increase in the nutritive factor or factors that leads to greater rates of whole-system heterotrophic or autotrophic metabolism   | Biologie             |
| Schramm, 1996                 | M       | Eutrophication is defined here as the process of natural or man-made enrichment with inorganic nutrient elements, mainly nitrogen and phosphorus, beyond the maximum critical level of the self-regulatory capacity of a given system for a balanced flow and cycling of nutrients.  | Biogéochimie         |
| Le, 2010                      | D       | Lake water eutrophication refers to the changes in water chemical properties triggered by accumulation of excessive nutrients such as nitrogen and phosphorus. It is a joint by-product of light, heat, and hydrodynamics resulting from a series of biological, chemical, and physical processes.   | Chimie               |
| Khan, 2005                    | D       | Eutrophication may be defined as the sum of the effects of the excessive growth of phytoplanktons leading to imbalanced primary and secondary productivity and a faster rate of succession from existing to higher seral stage as caused by nutrient enrichment through runoffs that carry down overused fertilizers from agroecosystems and/or discharged human waste from settlements. | Phytoplancton        |
| Meeuwing, 1998                | M       | I define eutrophication as the increase in phytoplankton biomass, incorporating the specific response that has been most studied of all eutrophication effects.  |                      |
| Zhang, 2013                   | D       | Eutrophication can be defined as an intensified accumulation of diatom biomass generally due to an increase in nutrients (primarily phosphorus and nitrogen)   |                      |
| Suhr, 2014                    | M       | Eutrophication can be defined in a number of ways but the essential is the state of deviation from a healthy marine environment caused by anthropogenic enrichment by nutrients.   | Médecine             |
| Cloern, 2013                  | A       | Eutrophication is a syndrome of ecosystem responses to human activities that fertilize water bodies with nitrogen and phosphorus, often leading to changes in animal and plant populations and degradation of water and habitat quality.   |                      |

#### *Définitions issues des sites internet et des directives :*

La projection des définitions sur le plan factoriel de l'ACM est proche de la projection du premier plan factoriel obtenu en ajoutant les définitions issues des sites internet et des directives (Annexe 2.7). Les quatre principaux groupes sont retrouvés sur cette projection. Le groupe citant uniquement la diversité (Van Straten and Keesman 1991, Ferreira et al. 2011) ou uniquement la toxicité (Hilton et al. 2006) est retrouvé en bas à gauche. Le groupe citant la dégradation de la qualité de l'eau sans citer de service écosystémique (Rast and Thornton 1996, Smith et al. 2006, Rabalais et al. 2009, Savci 2012, Cloern et al. 2013, Ahmad and Idris 2014) se retrouve en bas à droite, alors que le groupe citant une origine exclusivement naturelle se retrouve en haut à droite (Annexe 2.7). Le groupe de définitions citant une origine exclusivement anthropique se retrouvent sur la partie la plus à gauche de la projection (Annexe 2.7). La principale différence entre les deux ACM est l'apparition d'un groupe de définitions citant uniquement l'azote comme cause de l'eutrophisation : La directive nitrates (1991) et la définition issue du dictionnaire de l'Internaute. La directive nitrates (1991) est à l'extrémité droite de l'axe 1, car elle cite (en plus de l'azote comme cause) la dégradation de la qualité de l'eau. Elle se trouve donc décalée vers la droite tout comme le groupe de Cloern *et al.* (2013) et la directive Eaux résiduaires urbaines (Annexe 2.7).

La définition provenant du site internet « the free dictionary » met en avant l'origine anthropique du processus d'eutrophisation, ce qui rapproche cette définition du groupe de gauche (Thomas 1969, Bierman et al. 1984, Horne and Goldman 1994, Turner and Rabalais 1994, Campbell et al. 1997, Xu et al. 2010, Picart et al. 2015). La définition issue du site internet « Bretagne environnement » met quant à elle en avant « l'accumulation de débris organiques » (Annexe 2.7).

#### *Définitions issues des rapports et des directives :*

L'ACM intégrant les définitions issues des rapports et des directives est montrée en Annexe 2.6. Tout comme pour l'ACM précédente (Annexe 2.7), la Directive nitrates est observée à l'extrémité droite de l'axe 1, ce qui signifie que cette définition est différente de toutes les autres (Annexe 2.6). C'est en effet la seule à citer l'azote comme cause unique de l'eutrophisation. Il s'agit d'une directive spécifiquement centrée sur l'azote, qui intègre les risques de toxicité pour la santé humaine. La directive nitrates se retrouve là encore à proximité du groupe citant les effets indirects sur la qualité de l'eau, tout comme la directive eaux résiduaires urbaines (DERU, 1991).

La définition issue de la publication de Hilton *et al.* (2006), qui cite uniquement la toxicité comme conséquence écologique, se retrouve en haut de la projection (Annexe 2.6). La définition de Barroin (1976) se rapproche de celle de Hilton *et al.* (2006), en mentionnant les problèmes de toxicité comme conséquences écologiques, en plus de la dégradation de la qualité de l'eau et des impacts sur les services écosystémiques. Ainsi les définitions situées en haut de la projection (Barroin 1976, Hilton et al. 2006, Billen and Garnier 2009, Cabrita et al. 2015) sont parmi les plus longues et apportent des détails sur les effets indirects, à la fois écologiques et pour l'Homme. Ce sont les définitions prenant une forme encyclopédique.

#### *Analyse de l'ensemble des définitions :*

Une analyse globale de l'ensemble des résultats, toutes origines confondues (publications, sites internet, livres, etc), montre un résultat similaire aux ACM précédentes (Annexe 2.4), avec des définitions se différenciant principalement sur la base de leurs effets indirects. Quatre définitions portant sur les écosystèmes terrestres (Sharpley et al. 1999, Bouwman et al. 2002, Rausch and Belyea 2006, Rodríguez and Macías 2006) ont été incluses dans cette analyse globale. Comme précédemment, la projection des définitions montre un nuage de points très compact (Annexe 2.4).

Le groupe de définitions citant la dégradation de la qualité de l'eau (Rast and Thornton 1996, Smith et al. 2006, Rabalais et al. 2009, Savci 2012, Cloern et al. 2013, Ahmad and Idris 2014) sans citer de service écosystémique se sépare à droite sur la projection, comme dans les 3 précédentes ACM. L'axe 1 sépare également les trois définitions citant l'azote seul comme facteur (Bowman, 2002 ; la directive nitrates ; le dictionnaire de l'Internaute) à droite de la projection (Annexe 2.4). L'axe 2 de l'ACM sépare les définitions citant à la fois les conséquences pour les services écosystémiques et les conséquences écologiques avec la toxicité (Barroin 1976, Hilton et al. 2006). La définition de Rausch *et al.* (2006) est isolée (en bas à gauche) par le fait qu'elle fait référence à la fois à l'eutrophisation naturelle et à la diminution de l'oxygène dissous, et qu'elle ne cite que le phosphore comme cause.

## 2.4. Discussion

### 2.4.1. Aspects méthodologiques

#### 2.4.1.1. Collecte et découpage des définitions

Le résultat des analyses statistiques dépend fortement des définitions collectées. La littérature étant très abondante et le terme très utilisé, il n'était pas possible d'être exhaustif. De plus, certaines définitions collectées correspondent à des phrases ou paragraphes dans lesquels les auteurs explicitent ou délimitent ce qui correspond au terme d'« eutrophisation », tous contextes confondus, avec des objectifs parfois très différents : certains focalisent sur la description et la définition des phénomènes liés à l'eutrophisation, d'autres précisent simplement ce qui fait l'objet des travaux qu'ils présentent. Le degré de précision ou d'exhaustivité de ces définitions peut donc être significativement différent, de même que leur orientation (tout ou partie des phénomènes et processus potentiellement couverts par le terme). Ce panel de nuances de définitions est probablement accentué dans les sources techniques ou à destination du grand public, qui soit reprennent des définitions « courantes », ou les orientent vers une problématique ou un contexte particulier (la pêche et la pisciculture, l'agriculture, la gestion des proliférations, la ressource en eau potabilisable, les rejets industriels ou urbains, etc.).

On peut cependant considérer que les définitions obtenues, étant en nombre important (> 120), représentent un échantillon représentatif des définitions qui ont été proposées ou reprises. L'utilisation d'un moteur de recherche généraliste, prenant en compte la plupart des journaux académiques en ligne, des livres en ligne, des conférences, des rapports de thèse et de master, et des rapports techniques, a permis de ne pas orienter la collecte des définitions vers une discipline ou une thématique plus qu'une autre.

Le nombre de définitions anciennes est en revanche limité, d'une part du fait du plus faible nombre d'articles anciens (avant l'ère numérique, l'acquisition de données et leur traitement étaient beaucoup plus lents) et d'autre part parce que beaucoup de ces articles n'ont été ni numérisés ni répertoriés dans les bases de données. Ces définitions sont de ce fait plus difficilement accessibles par les bases de données ou sur le web. Il y a donc un biais temporel associé au développement des moteurs de recherche et des outils informatiques. Des artefacts liés à l'informatisation des bases de données scientifiques ont aussi pu être observés lors de la collecte. Par exemple, le nombre d'articles collectés entre 1995 et 1996 par les bases de données scientifiques a augmenté subitement jusqu'à 40% pour des mots clés très utilisés. La prise en compte du résumé dans les bases de données pourrait être à l'origine de cette augmentation.

Après avoir collecté 115 définitions par des outils de recherche bibliographiques standards, les experts ont été sollicités pour mettre en avant les définitions manquantes. 58 définitions ont ainsi été ajoutées,

la plupart issues de livres, de rapports techniques (Agences de l'eau par exemple), ou de publications non disponibles en ligne. Un tiers des définitions de l'analyse ont donc été ajoutées par des experts, ce qui montre les limites des moteurs de recherche pour ce type de sujet.

Il était parfois difficile de caractériser les limites des définitions. Certains auteurs donnent une définition concise, puis changent de sujet dans les phrases suivantes. D'autres décrivent le processus d'eutrophisation dans une grande partie de leur introduction. De plus, les auteurs n'utilisent pas forcément le mot « définie » ou « définition », qui indiquerait une volonté de définir le processus. Leur description du processus a été incluse comme une définition.

#### *2.4.1.2. Méthode d'analyse des définitions*

Les analyses factorielles des correspondances multiples sont très utilisées pour analyser les données issues d'enquêtes et de questionnaires (enquêtes d'opinion par exemple). Nous avons donc choisi de réaliser un formulaire d'enquête et de traiter chaque définition comme une réponse à une enquête d'opinion, où chaque question porte sur un des descripteurs de la définition. Les définitions sont ensuite analysées en fonction de l'assemblage des entités. L'ordre de citation des descripteurs n'est pas pris en compte dans l'analyse, mais on peut se poser la question si cet ordre peut avoir une importance pour les auteurs ou si c'est bien l'assemblage des idées qui prime. Dans notre analyse, environ la moitié de l'information du tableau des définitions est contenue sur nos 2 plans factoriels. L'ACM prend en compte une association de termes, mais pas son enchaînement. L'ordre de citation des descripteurs n'a donc pas été inclus dans cette analyse. Il aurait pourtant été intéressant de connaître si un ordre était privilégié par les auteurs et quel descripteur était mis en avant par les auteurs.

Enfin, nous avons limité le nombre d'entités par descripteur pour les besoins de l'ACM. Par exemple, le terme « artificiel » a été regroupé avec « anthropique » et le terme « production primaire » avec « croissance ». C'est donc la signification qui est importante plus que le terme utilisé.

#### *2.4.1.3. Principaux résultats*

Les ACM ont montré des nuages de points compacts, indiquant une faible dispersion des définitions sur la base de leur contenu. Alors que les causes et les effets directs sont relativement consensuels, les principaux facteurs discriminants dans les définitions sont les effets indirects. Nous avons également mis en évidence que les différentes définitions ne se séparent pas en fonction de leur origine (définitions à destination du grand public, rapports techniques à destination des gestionnaires, littérature scientifique), ce qui indique une utilisation des mêmes termes. Le contenu des définitions est donc relativement générique pour une grande majorité des auteurs, quel que soit le public visé.

### **2.4.2. Distribution dans le temps et dans l'espace**

Le processus général rentrant en jeu dans l'eutrophisation (passage à un niveau plus eutrophe) et ses causes (augmentation de la disponibilité de l'azote et du phosphore) sont identifiés depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle. Au milieu du 20<sup>ème</sup> siècle, lorsque l'eutrophisation anthropique a été mise en évidence, seule l'échelle de temps permettait de la distinguer de l'eutrophisation naturelle (Figure 2.5). L'analyse des définitions par ACM n'a pas montré de changement dans leur contenu en fonction du temps, les définitions ne se séparant pas sur les projections en fonction de leur date d'édition. Certaines définitions éloignées dans le temps sont proches sur les projections de l'ACM ce qui montre que la notion d'eutrophisation naturelle reste encore présente dans les définitions récentes.

Le nombre de travaux contenant une définition de l'eutrophisation a fortement augmenté des années 1990 aux années 2000, parallèlement au nombre total de publications traitant du sujet. On peut penser que l'augmentation du nombre de publications sur l'eutrophisation correspond à une période à laquelle les causes de dégradation des écosystèmes aquatiques les plus lourdes (rejets importants, pollutions très visibles) commençaient à être traitées, du moins dans les pays occidentaux, et que les effets négatifs plus systémiques apparaissaient proportionnellement mieux. Cette augmentation reflète aussi le besoin pour la communauté scientifique de définir les contours d'un cadre commun destiné à guider les décisions et les actions par les gestionnaires, qui se retrouvaient dans les années 80-90 devant des problématiques de gestion et d'usages relativement nouveaux, découlant de ces processus d'enrichissement des milieux aquatiques.

Le fait de trouver un plus grand nombre de définitions en eau douce qu'en eau de mer était attendu car la formalisation du phénomène s'est fondée d'abord sur l'observation des lacs. De nombreux limnologues et océanographes ont progressivement réalisé que la plupart des écosystèmes aquatiques avaient des modes de fonctionnement similaires et pouvaient partager une base théorique commune (Downing 2014). L'analyse des définitions par ACM n'a pas montré que les définitions de l'eutrophisation par les limnologues se distinguaient de celles des océanographes. L'absence de changement significatif du contenu des définitions le long du continuum eau douce/eau de mer s'explique en partie par une volonté de la part des auteurs de ne pas préciser le type d'écosystème aquatique concerné. On pouvait s'attendre par exemple à ce que les efflorescences de cyanobactéries soient fréquemment citées comme symptôme emblématique de l'eutrophisation dans les eaux douces lacustres. Or seulement 6 des 173 définitions collectées mentionnent les cyanobactéries.

### 2.4.3. Définition scientifique conceptuelle

La définition scientifique conceptuelle est sensée exprimer le niveau réel des connaissances applicables à toutes les situations (apports naturels et/ou anthropiques) et à tous les types d'écosystèmes aquatiques. Cette définition idéale, la plus générale et la plus juste possible, a été approchée par l'analyse statistique. L'intersection de l'analyse avec les publications scientifiques les plus citées fait ressortir Smith *et al.* (1999, Tableau 2.3) dont la définition se base sur un changement de niveau trophique de l'écosystème aquatique avec la cause précisée en second plan, sans aspect quantitatif. Lorsque l'enrichissement en nutriments et le changement d'état apparaissent dans la définition, l'ordre dans lequel apparaissent les deux notions varie selon la définition (Tableau 2.3). Ce résultat illustre une divergence de point de vue sur l'idée d'introduire la notion d'apport dans la définition qui pourrait être due au regroupement des notions d'eutrophisation naturelle et anthropique dans une même définition.

La définition de Smith *et al.* (1999) comporte les attributs essentiels du mot eutrophisation : une évolution de l'état trophique de l'écosystème accompagnant un enrichissement du milieu en nutriments. Dans les définitions considérées comme atypiques (Tableau 2.3), les attributs essentiels peuvent manquer, ou focaliser sur des aspects très particuliers. Dans celle de Frontier (2008), il n'est pas fait référence à un enrichissement en nutriments. Dans d'autres définitions du tableau 2.4, les attributs sont mentionnés sous un angle inhabituel. Celles de Suhr (2014) et de Cloern (2013) introduisent le changement de statut trophique comme une altération de la santé de l'écosystème, ce qui renvoie à la notion de dégradation anthropique.

Si l'on se réfère à la structure fondamentale d'une définition, la description des effets de l'eutrophisation ne fait pas partie des attributs essentiels à sa définition. Lorsque les effets sont intégrés aux définitions, l'analyse statistique montre qu'ils entraînent leur dispersion. Ce résultat traduit la

difficulté voire l'impossibilité de résumer en quelques mots la multitude d'effets entraînés dans les écosystèmes par l'accroissement des apports de nutriments (Figure 2.1). C'est ce que Cloern (2001) entend par « la myriade de réponses biogéochimiques et biologiques » (Tableau 2.3). Lorsque certains auteurs cherchent à décrire les effets de l'eutrophisation, la définition prend une tournure encyclopédique et perd de la généralité (Ferreira et al. 2011 par exemple). D'autres auteurs n'évoquent dans leur définition qu'un effet direct ou indirect qui concerne leur sujet d'étude. Par exemple, Zhang *et al.* (2013) centrent leur définition sur les communautés de diatomées (Tableau 2.4).

Les résultats montrent que la définition scientifique conceptuelle de l'eutrophisation ne peut aborder ses multiples effets dans son contenu sans prendre le risque de basculer dans une dissertation encyclopédique. L'objectivité et l'exhaustivité, qui s'imposent à une définition scientifique conceptuelle de l'eutrophisation réduite à ses attributs essentiels, l'éloignent des préoccupations humaines face à ce danger réel pour notre biosphère. Paradoxalement, les symptômes et les conséquences, à la base de l'intérêt que peut avoir la société pour le phénomène d'eutrophisation, sont éludés dans les définitions les plus rigoureuses de l'eutrophisation.

#### 2.4.4. Définition scientifique environnementale et opérationnelle

Les effets directs et indirects de l'eutrophisation devenant de plus en plus visibles et nuisibles à partir des années 1970, les décideurs ont pris en compte cette menace. Le Clean Water Act aux États Unis ou les Directives OSPAR, Cadre Eau, etc., en Europe ont notamment généré de nombreuses recherches pour comprendre et gérer le problème. Mais si le terme « d'eutrophisation » apparaît dans ces textes d'orientation ou de réglementation, il n'y est que très rarement défini précisément, laissant aux décideurs et gestionnaires la liberté de l'interpréter en fonction des besoins, des études ou des déclinaisons dans les textes d'application.

Parmi les définitions les plus citées, celle de Carpenter *et al.* (1998) offre une approche clairement à l'opposé de la définition conceptuelle (Tableau 2.3) car ils identifient d'entrée l'eutrophisation anthropique avec ses figures les plus emblématiques : les blooms d'algues et les anoxies. Une autre définition du même auteur (Carpenter 2005) se rapproche clairement de la définition d'une pollution<sup>1</sup> même si ce mot apparaît rarement dans les publications scientifiques dédiées à l'eutrophisation (Howarth and Paerl 2008). Pourtant, la pollution par les nutriments est l'expression retenue par les sites américains de l'Environmental Protection Agency (EPA) et de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) pour introduire la notion d'eutrophisation. Du côté européen, la mise en place de la DCE a aussi incité les chercheurs à revoir la définition pour se concentrer sur le problème environnemental (Andersen, Schlüter et al. 2006): « the enrichment of water by nutrients, especially nitrogen and/phosphorus and organic matter ». Dans cette définition, le fait d'ajouter la matière organique peut être discutable, dans la mesure où la matière organique est une forme parmi d'autres, sous lesquelles le N et le P sont apportés dans l'écosystème.

Si les définitions environnementales et opérationnelles fournissent un cadre mieux adapté pour appréhender les problèmes de gestion liés à l'eutrophisation anthropique, elles n'offrent pas plus de précisions que les définitions conceptuelles sur les effets entraînés par des apports croissants de nutriments.

---

<sup>1</sup> Pollution : Introduction directe ou indirecte, par suite de l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'air, l'eau ou le sol, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité des écosystèmes aquatiques ou des écosystèmes terrestres, qui entraînent des détériorations aux biens matériels, une détérioration ou une entrave à l'agrément de l'environnement ou à d'autres utilisations légitimes de ce dernier : Directive Européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000.

#### 2.4.5. Vers une nouvelle approche de la définition

Limiter les attributs essentiels de l'eutrophisation à une pollution des milieux aquatiques par les nutriments ne peut pas être totalement satisfaisante, car la définition doit introduire la nature des effets produits par un enrichissement en nutriments. Pour décrire un ensemble de mécanismes complexes tels que ceux désignés par le vocable « eutrophisation », il semble donc nécessaire de lier les causes et les effets. Si la définition scientifique conceptuelle de l'eutrophisation semble atterrir sur une vision commune des effets directs et indirects, c'est bien à partir de l'observation de ces derniers que la recherche s'est développée ces dernières décennies. L'écosystème aquatique doit être appréhendé comme un système complexe, avec un assemblage d'éléments innombrables en interaction les uns avec les autres (phytoplancton/nutriments, macroalgues/brouleurs, poissons/oxygène, etc.). Lorsque l'on modifie, ne serait-ce que très partiellement, une partie de l'écosystème, le reste de l'écosystème subit des changements par des phénomènes de cascades et de rétroaction (stockage/élimination/restitution des nutriments, broutage, changements de stœchiométrie, etc.), qui tendent vers un nouvel équilibre. Dans la Figure 2.1, les trois catégories s'enchaînent dans ce qui pourrait ressembler à un modèle de cause à effet. Mais la catégorie III exerce un processus de rétrocontrôle en renforçant les causes (internal nutrient load). De même, la catégorie II est influencée par la catégorie III par l'action des animaux sur les producteurs primaires (top down control).

Des modifications de l'écosystème peuvent se développer dès le début de l'enrichissement en nutriments avant que des effets visibles ne soient mis en évidence. Dans sa définition de 2001, Cloern exprime la complexité des réponses d'un écosystème à des apports anthropiques de nutriments (Tableau 2.3). Sa définition de 2013 (Tableau 2.4) formalise un peu plus encore cette complexité en faisant appel à la notion de syndrome (voir aussi Carpenter *et al.* 1998). La définition de Cloern *et al.* (2013) rend compte des conséquences néfastes pour l'écosystème, à la différence de Smith *et al.* (1999), sans dériver vers une version encyclopédique. Elle exprime cependant bien tout le chemin qu'il reste à parcourir aux chercheurs pour comprendre et formaliser le fonctionnement des écosystèmes côtiers avant de comprendre précisément la façon dont ils répondent aux pressions anthropiques.

A l'examen de l'ensemble des textes traitant de l'eutrophisation, qu'ils proviennent de la sphère scientifique (publications) ou du monde des opérationnels (rapports, réglementation, documents d'orientation), on peut distinguer deux types d'approches (figure 2.14) :

- l'analyse des causes et des mécanismes, par laquelle les scientifiques appréhendent ces phénomènes. Il s'agit de mesurer, de comprendre, de modéliser les mécanismes en jeu dans le fonctionnement de l'écosystème qui relèvent de l'« eutrophisation » telle que la définissent les auteurs ;
- l'exposé des problèmes liés à l'eutrophisation, auxquels sont confrontés les acteurs opérationnels. Il s'agit alors de cerner la nature et l'origine du dysfonctionnement identifié comme une nuisance, avec une vision anthropocentrée.

Alors que le premier type d'approche est plutôt explicatif et analytique, le second est piloté par l'aval (Figure 2.14), c'est-à-dire qu'il est motivé par des problèmes concrets. Bien que cette différence soit liée beaucoup plus aux objectifs et au contenu des documents, cela explique probablement une certaine partie de la dispersion des définitions, selon qu'elles correspondent à une approche scientifique systémique ou qu'elles soient construites sur des approches visant à répondre à une problématique plus concrète voire sociétale.

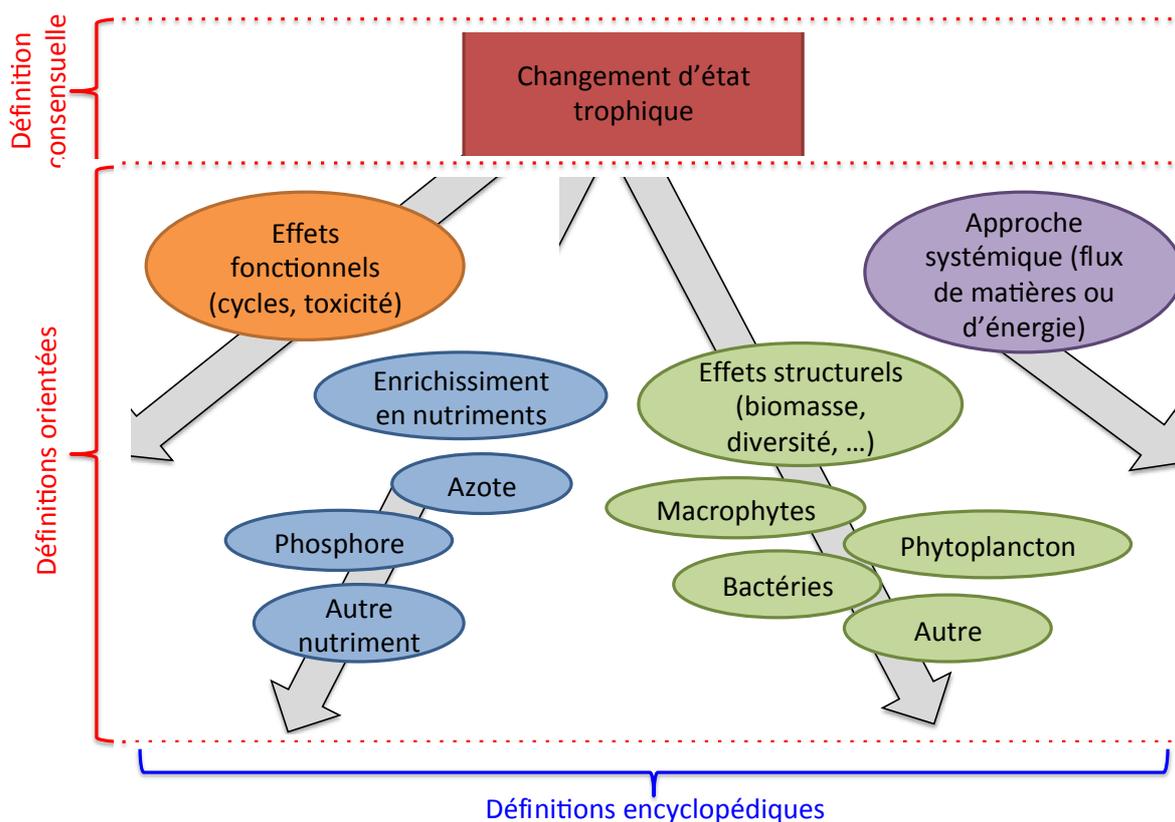


Figure 2.14 : les différentes définitions, de la définition la plus consensuelle à la définition la plus complète (définitions encyclopédiques)

#### 2.4.6. Définition(s) scientifique(s) des experts

L'élaboration d'une nouvelle définition demandée aux experts de ce chapitre est certainement leur tâche la plus difficile. Une définition doit répondre à de nombreux critères et principes (concision, clarté, principe d'explicitation et d'adéquation, principe de non-tautologie, principes d'adaptation aux groupes cibles, ...), tout en ne se focalisant pas sur un type d'écosystème ou un type de réponse.

La définition de Smith *et al.* (Smith, Tilman *et al.* 1999), est celle qui a été identifiée par l'étude statistique et les indicateurs bibliométriques comme comportant de façon la plus explicite les attributs essentiels de l'eutrophisation. L'idée de conserver les aspects géologiques et anthropiques de l'eutrophisation dans une seule définition souligne bien la similarité des processus bien qu'ils ne se produisent pas sur les mêmes échelles de temps ni avec les mêmes implications. En revanche, de ne pas séparer ce qui relève d'une évolution naturelle de ce qui apparaît comme une pollution, conduit à une formulation juste mais neutralisée par sa généralité. La polysémie du mot eutrophisation pose donc problème, dans le sens où elle associe un processus à connotation neutre, voire positive (évolution naturelle) à un processus à connotation négative (une pollution). Il est rare qu'une seule définition épuise tous les sens d'un mot. Pour l'eutrophisation, Anderson *et al.* (2002) souligne la façon dont le mot a changé de signification au cours de ces dernières années (Tableau 2.3). Dans les années 90, plusieurs auteurs proposaient d'ailleurs des néologismes pour distinguer cette nouvelle forme de dégradation anthropique, en parlant de « polytrophisation » voire même de « cacotrophisation ». Nous proposons pour l'eutrophisation, comme c'est le cas pour de nombreux mots de la langue française, de

distinguer les deux sens, avec l'eutrophisation naturelle et l'eutrophisation anthropique avec deux définitions. Ces deux définitions abordent l'eutrophisation sous l'angle de l'écosystème dans son intégrité.

Une définition doit être le plus concis possible, sans redondance ni ambiguïté, avec l'emploi d'un minimum de termes, pour éviter de tomber dans le développement encyclopédique. Les experts ont aussi recherché à optimiser la formalisation de l'eutrophisation en définissant rigoureusement les attributs essentiels du mot dans une première phrase. Il nous a cependant paru intéressant d'aller au delà des attributs essentiels en ajoutant des informations importantes, tout en évitant la forme encyclopédique. Ces informations, contenues dans une ou deux phrases supplémentaires, sont très utiles mais non nécessaires à la définition.

**Eutrophisation naturelle ou géologique :** « *Augmentation de la production de matières organiques qui accompagne l'évolution d'un écosystème aquatique sur des temps géologiques jusqu'à son éventuel comblement. Un écosystème nouvellement formé (lac, fjord, lagon, etc.) va lentement évoluer d'un stade oligotrophe vers un stade mésotrophe puis eutrophe, piégeant et utilisant les éléments, dont les nutriments, apportés naturellement par le bassin-versant* ».

Pour l'eutrophisation « naturelle » ou « géologique », la première phrase identifie le processus et sa cause comme attributs essentiels. L'augmentation de la production de matière organique traduit le changement de niveau trophique. L'enrichissement en nutriments n'est pas mentionné, car il n'est pas le facteur déclenchant du processus à cette échelle de temps, et, dans ce cadre, le phosphore et l'azote ne se distinguent d'ailleurs pas des autres éléments. Dans le cas de l'eutrophisation naturelle, les apports d'azote et de phosphore restent à leur niveau naturel mais l'écosystème aquatique peut les accumuler ou les concentrer. En informations complémentaires, les références aux stades oligotrophe à eutrophe, comme autant de paliers d'une progression lente, souligne l'aspect évolutif du phénomène en présence d'apports naturels.

Cette définition ne prend pas en compte les cas d'eutrophisation ponctuelles (voir 2.3.1.2), pouvant conduire à des anoxies (upwelling, concentrations d'oiseaux, concentration de matière organique sous l'effet mécanique des courants ou des tempêtes, etc.).

**Eutrophisation anthropique :** « *Syndrome d'un écosystème aquatique associé à la surproduction de matières organiques induit par des apports anthropiques en phosphore et en azote. La notion de syndrome, qui se définit comme un ensemble de symptômes, est utilisée pour pallier la difficulté de résumer en quelques mots la multitude de réponses biogéochimiques et biologiques engendrée par des apports d'azote et de phosphore. Les effets principaux associés à l'eutrophisation anthropique sont les proliférations végétales parfois toxiques et les anoxies. Avant ces signaux, l'eutrophisation a souvent déjà modifié les compartiments biologiques de l'écosystème, des producteurs primaires jusqu'aux animaux supérieurs, altérant sa diversité, son fonctionnement écologique et les services rendus. La nature et l'intensité des réponses dépendent aussi de facteurs environnementaux, tels que la lumière, le temps de résidence et la température.* »

Les attributs essentiels de l'eutrophisation anthropique sont décrits dans une phrase courte qui fait état d'une réponse complexe des écosystèmes se traduisant par de multiples symptômes. Dans l'identification des causes de l'eutrophisation anthropique, le terme « apport » évite le terme ambigu d'« enrichissement ». Les signaux emblématiques de l'eutrophisation anthropique sont indiqués en informations complémentaires mais il est rappelé dans la phrase suivante que c'est l'écosystème dans son ensemble qui est modifié par les apports d'azote et de phosphore.

Dans cette recherche de nouvelles pistes pour définir scientifiquement l'eutrophisation, le parti a été pris de séparer l'eutrophisation générée par les activités humaines de celle qui accompagne l'évolution des écosystèmes aquatiques sur des temps géologiques. A l'exception de l'expression « écosystème aquatique » et de « matières organiques », la définition de l'eutrophisation naturelle n'a pas de terme en commun avec celle de l'eutrophisation anthropique. Le fait de différencier les formes d'eutrophisation dans deux définitions différentes permet de faire ressortir la menace environnementale que constitue l'eutrophisation anthropique et lève l'ambiguïté sur sa cause qui n'a rien de naturelle. L'eutrophisation anthropique est bien le problème qui rassemble les experts dans ce document. Si la description de l'eutrophisation naturelle doit rentrer à part entière dans l'étude de la définition, elle ne doit pas occulter la menace que font peser les activités humaines sur les équilibres des cycles planétaires du phosphore et de l'azote au même titre que sur celui du carbone.

## 2.5. Conclusion

Contrairement au réchauffement climatique, le symptôme principal de l'eutrophisation touche du vivant, donc le compartiment d'un système dynamique complexe, et non un traceur inerte comme la température, qui augmente linéairement avec la cause. Il est donc plus difficile de définir l'ensemble des effets directs et indirects, sans connaître tous les compartiments du système et ses interactions. L'ACM a permis d'analyser les différentes définitions de l'eutrophisation disponibles dans la littérature, en identifiant les descripteurs qui les rapprochent et qui les éloignent. Cette analyse a permis de mettre en évidence l'opposition entre, d'une part une définition conceptuelle générique applicable à tous les écosystèmes aquatiques et à toutes les situations, consensuelle mais peu informative, et d'autre part celles qui apportent plus d'information mais s'éloignent inévitablement du consensus central. Les définitions conceptuelles qui s'en rapprochent le plus abordent l'eutrophisation par une modification du statut trophique de l'écosystème, sans jugement sur les causes, permettant ainsi d'intégrer l'eutrophisation naturelle. Il s'agit de définitions sémantiques mais sans intérêt thématique. Ces définitions sont apparues déconnectées de la préoccupation environnementale induite par les pollutions en nutriments d'origines humaines. Parallèlement, des définitions de l'eutrophisation, dites « opérationnelles » ont aussi été mises à jour. Elles offrent un cadre plus pertinent pour aborder la question en lien avec les objectifs de gestion et de restauration fixés par les politiques publiques, mais certaines d'entre elles perdent une partie des attributs essentiels que l'on s'attend à trouver dans une définition scientifique.

Ces constats nous ont conduit à formuler une nouvelle définition, plus exactement deux définitions : l'une traitant de l'eutrophisation naturelle et l'autre de l'eutrophisation anthropique. Ce choix a été motivé par le constat que l'amalgame dans une même définition des deux formes d'eutrophisation empêchait la formulation claire d'une problématique de dégradation généralisée mais encore relativement peu étudiée dans ses mécanismes, en comparaison avec celles liées aux changements climatiques brutaux. La 'myriade' d'effets directes et indirectes consécutifs à des pollutions en P et N, semble encore impossible à résumer dans une définition générique.

## 2.6. Annexes

Annexe 2.1 : Liste des définitions collectées en fonction de leur source : bleu : directives, sites internet, institutions ; jaune : livres ; orange : publications scientifiques ; vert : rapports techniques

| Auteur        | Définition   | Source                          |
|---------------|--|---------------------------------|
| LAMBERTI      | Eutrophication can be defined as a natural process of enrichment of waters with nutrients, such as phosphorus and nitrogen compounds, at a slow rate. Eutrophication can be detrimental, since it may cause increased algal growth and algal scums which are unaesthetic, odorous, distasteful, and clog filters of treatment plants. It has been postulated that various human activities have accelerated the process. Contributing factors in the eutrophication of lakes, streams and estuaries are natural runoff, agricultural drainage, ground water, precipitation, sewage, and waste effluents. It has been postulated that the phosphorus-containing builders present in detergent compositions can be a factor in eutrophication, and therefore any substitutes which do not contain phosphorus may decrease to some extent the eutrophication problem. | Lamberti & Konort (1979)        |
| DIR_DERU      | L'enrichissement de l'eau en éléments nutritifs, notamment des composés de l'azote et/ou du phosphore, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux supérieurs qui entraîne une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau en question.   | DERU ; 91/271/CEE               |
| DIR_DIN_DE    | In Germany, eutrophication is defined as increased trophy caused by increased availability and utilization of nutrients (DIN 4049, 1990). Autotrophic organisms can respond more directly to changes in inorganic nutrients than heterotrophic organisms. Changes in macrophyte communities are, in contrast to e.g. diatoms, usually highly visible and may be deemed « undesirable » when eutrophication occurs.   | DIN-Norm (1990)                 |
| DIR_N_O3      | L'enrichissement de l'eau en composés azotés, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux supérieurs qui perturbe l'équilibre des organismes présents dans l'eau et entraîne une dégradation de la qualité de l'eau en question.   | Directive Nitrate, 1991         |
| W.H.O         | The word « eutrophication » is also now being used in a perspective of preserving the ecological quality of waters, e.g. in the Directives of the European Union and various international treaties. « Eutrophication is an accelerated growth of algae on higher forms of plant life caused by the enrichment of water by nutrients, especially compounds of nitrogen and/or phosphorus and inducing an undesirable disturbance to the balance of organisms present in the water and to the quality of the water concerned ». Thus, today « eutrophication » is more of a status than a trend and the term describes the qualitative conditions of an aquatic environment that has been disrupted, more than its quantitative (biomass) productivity. It is this definition that is adopted in this document.   | WHO, 2002                       |
| Dic_Actu-Env  | Apport en excès de substances nutritives (nitrates et phosphates) dans un milieu aquatique pouvant entraîner la prolifération des végétaux aquatiques (parfois toxiques). Pour les décomposer, les bactéries aérobies augmentent leur consommation en oxygène qui vient à manquer et les bactéries anaérobies se développent en dégageant des substances toxiques : méthane, ammoniac, hydrogène sulfuré, toxines, etc. Toutes les mers, sauf les mers subarctiques, sont touchées par l'eutrophisation. Les teneurs en nitrate ont doublé, voire triplé dans la mer Noire et la mer d'Azov.   | Dictionnaire de l'environnement |
| DIC_aires-mar | Phénomène de développement excessif des végétaux dans le milieu aquatique. Il est dû à un enrichissement des eaux en éléments nutritifs (phosphates et surtout nitrates) provenant des bassins versants.   | Aires marines protégées         |
| Bretagne-env  | Accumulation graduelle de débris organiques dans les eaux stagnantes, liée à l'activité des organismes vivants, et décomposition massive de la matière organique morte, provoquant l'appauvrissement en oxygène de l'eau.  | Bretagne Environnement          |
| DIC_business  | Slow aging process during which a bay, estuary, lake, river, stream, or other shallow body of water deteriorates into a bog or marsh, and eventually 'dies.' Nutritive pollution (containing nitrogen and phosphorous compounds) generated by human activities is a major factor in eutrophication because it causes an explosive growth of algae. Decaying algae consumes the oxygen dissolved in water, thus suffocating fish and other aquatic plant and animal life.   | Dictionary, Business            |
| DIC_chemicool | The undesirable overgrowth of vegetation caused by high concentrates of plant nutrients in bodies of water.  | Dictionary, Chemicool           |
| CLOERN_2013   | Eutrophication is a syndrome of ecosystem responses to human activities that fertilize water bodies with nitrogen and phosphorus, often leading to changes in animal and plant populations and degradation of water and habitat quality.   | Cloern et al. 2013              |
| C.N.R.S       | Déséquilibre d'un écosystème dû à un excès de nutriments, qui se traduit par une croissance excessive des algues et une diminution de l'oxygène dissous. (L'eutrophisation est une forme singulière mais naturelle de pollution de certains écosystèmes aquatiques qui se produit lorsque le milieu reçoit trop de matières nutritives   | CNRS                            |

|                       |  |                                    |
|-----------------------|--|------------------------------------|
|                       | assimilables par les algues et que celles-ci prolifèrent. Les principaux nutriments à l'origine de ce phénomène sont le phosphore (contenu dans les phosphates) et l'azote (contenu dans l'ammonium, les nitrates, et les nitrites).   |                                    |
| DIC_eaufrance         | Enrichissement excessif des cours d'eau et des plans d'eau en éléments nutritifs, essentiellement le phosphore et l'azote qui constituent un véritable engrais pour les plantes aquatiques. Elle se manifeste par la prolifération excessive des végétaux dont la décomposition provoque une diminution notable de la teneur en oxygène. Il s'en suit, entre autres, une diversité animale et végétale amoindrie et des usages perturbés (alimentation en eau potable, loisirs,...).   | Eaufrance                          |
| DIC_eurostat          | L'Eutrophication est le processus par lequel une masse d'eau acquiert une haute concentration en nutriments, particulièrement en phosphates et en nitrates. Ce processus peut se produire naturellement, mais peut aussi être le résultat de l'activité humaine (ruissellement des engrais, rejets d'eaux usées). Ces nutriments favorisent typiquement la croissance excessive d'algues. Lors de la mort et de la décomposition des algues, des niveaux élevés de matières organiques et des organismes en décomposition appauvrissent l'eau en oxygène disponible, provoquant la mort d'autres organismes, tels que les poissons.  | Eurostat                           |
| DIC_globalwaterforum  | Eutrophication – An excess of nutrients in water, often due to agricultural runoff, which causes bacterial blooms and rapid plant growth, leading to the depletion of oxygen and the death of animal life.   | Globalwaterforum, 2017             |
| DIC_gouv.qc           | Eutrophisation : Long processus naturel rendant un écosystème aquatique, particulièrement un lac, de plus en plus riche en nutriments (azote et surtout phosphore) augmentant ainsi la biomasse végétale. L'enrichissement peut conduire, entre autre, à une modification des communautés animales, à un accroissement de la matière organique et même à un déficit en oxygène dissous dans l'hypolimnion. La vitesse de ce processus peut être grandement accélérée et ses effets perçus par des apports anthropiques trop élevés en phosphore. Le critère de qualité retenu afin d'assurer la protection des cours d'eau contre l'eutrophisation est de 0,030 mg/L de phosphore en rivière et de 0,020 mg/L en lac.  | Gouvernement du Québec             |
| DIC_hydrology.org     | Ensemble de processus biogéochimiques lié à un enrichissement des eaux en éléments nutritifs. Cet enrichissement se traduit par l'accroissement des biomasses végétales et animales conduisant à l'appauvrissement critique des eaux en oxygène.   | Comité national français de l'AISH |
| Ifremer               | Vision "européenne": Enrichissement des cours d'eau et des plans d'eau en éléments nutritifs, essentiellement le phosphore et l'azote qui constituent un véritable engrais pour les plantes aquatiques. L'eutrophisation se manifeste par la prolifération excessive des végétaux dont la décomposition provoque une diminution notable de la teneur en oxygène. Il s'en suit, entre autres, une diversité animale et végétale amoindrie et des usages perturbés (Alimentation en Eau Potable, loisirs, etc.).<br>Vision de la NOAA: Phénomène d'enrichissement du milieu en éléments nutritifs. En fonction du niveau d'enrichissement atteint, on distingue : Oligotrophie : la richesse du milieu est faible (déficit) ; Mééotrophie : la richesse est moyenne ; Eutrophie : la richesse est optimale et il y a un bon équilibre trophique ; Dystrophie : richesse excessive conduisant à des déséquilibres (crise anoxique, malaïgue). | Ifremer                            |
| DIC_larousse          | Enrichissement naturel ou artificiel d'une eau en matières nutritives.   | Larousse                           |
| DIC_linternaute       | L'Eutrophisation correspond à un phénomène de dégradation d'un environnement aquatique. Celle-ci est généralement provoquée par une augmentation des substances nutritives présentes, telles que l'azote apporté par les cultures agricoles et la pollution automobile.  | Linternaute                        |
| DIC_oxford            | Excessive richness of nutrients in a lake or other body of water, frequently due to runoff from the land, which causes a dense growth of plant life.   | Oxforddictionaries                 |
| DIC_thefreedictionary | A process by which pollution from such sources as sewage effluent or leachate from fertilized fields causes a lake, pond, or fen to become overrich in organic and mineral nutrients, so that algae and cyanobacteria grow rapidly and deplete the oxygen supply   | Thefreedictionary                  |
| DIC_wiki              | L'eutrophisation (du grec eu : « bien, vrai » et trophein : « nourrir ») est le processus par lequel des nutriments s'accumulent dans un milieu et/ou un habitat (terrestre et/ou aquatique).  | Wikipedia                          |

|                     |  |                             |
|---------------------|--|-----------------------------|
| DIC_Futura-Sciences | Détérioration d'un écosystème aquatique par la prolifération de certains végétaux, en particulier des algues planctoniques (on parle de bloom planctonique). La cause peut être le rejet d'origine anthropique de nitrates (engrais azotés par exemple), de phosphates (lessives par exemples) et de matières organiques. Les conséquences sont variables et nombreuses : prolifération des algues planctoniques et de certains types de zooplancton, modification des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau, disparition ou forte réduction du nombre d'animaux et de certains végétaux, réduction de la teneur en oxygène, etc.   | Futura-sciences             |
| Vedura              | L'eutrophisation est le phénomène d'asphyxie des écosystèmes aquatiques résultant de la prolifération d'algues, qui consomment tout l'oxygène nécessaire à la vie de l'écosystème. Ce phénomène résulte d'un apport trop riche de substances nutritives dans la rivière ou dans le lac concerné.   | Vedura                      |
| ANGELIER            | On désigne sous le nom d'eutrophisation un accroissement de la production végétale autochtone (macrophytes, périphyton et phytoplancton) corrélé à un enrichissement des eaux en nutriments — sels de l'azote et du phosphore particulièrement. L'eutrophisation correspond à l'augmentation du potentiel énergétique du milieu, qui se répercute sur l'ensemble de l'écosystème à travers les réseaux alimentaires — aussi bien dans les eaux courantes que stagnantes. L'eutrophie s'oppose à l'oligotrophie, caractérisée par la faiblesse en nutriments et production végétale, tandis que la mésotrophie est un stade intermédiaire.  | Angelier 2000               |
| ART                 | The process by which a body of water acquires a high concentration of nutrients, especially phosphates and nitrates. They typically promote excessive growth of algae. As the algae die and decompose, high levels of organic matter and the decomposing organisms deplete the water of available oxygen, causing the death of other organisms such as fish.   | Art (1993)                  |
| BLACKALL            | Eutrophication can be defined as a deterioration in the aesthetic and life-supporting qualities of lakes, estuaries and streams, caused by the continued input of nutrients like nitrogen, phosphorus and organic growth factors, which exceed the concentrations limiting the growth of photosynthetic cyanobacteria, eukaryotic algae and/or macrophytes ( Parker , 1984, Blanc <i>et al.</i> , 1986)  | BLACKALL et BURRELL 1998    |
| BRASIER             | Eutrophication here refers to those changes in conditions which bring about higher nutrient availability and raised levels of primary productivity. Four elements are commonly regarded as bio- limiting nutrients: phosphorus, nitrogen, iron and silicon.  | Brasier (1995)              |
| CAMPBELL            | L'auteur définit eutrophisation naturelle (en conditions naturelles, un lac atteint un équilibre, ou les gains en nutriments sont compensés par des pertes dues aux exportations et à la sédimentation) et autrophisation culturelle provoquée par les activités humaines. cours d'eau et lacs surchargés de nutriments inorganiques et des déchets organiques de l'élevage. augmentation de la densité des organismes photosynthétiques. chute du dioxygène pendant la nuit. perte de diversité. Eutrophication can be defined as nutrient pollution leading to an increase in productivity of an aquatic ecosystem (Campbell, Mitchell, and Reece, 1997).                                | Campbell et al. (1997)      |
| COOKE               | A eutrophic lake or reservoir is rich in nutrients and organic materials, and those enriched by human activities are culturally eutrophic. Includes loading of silt and organic matter, as well as nutrients. "Eutrophication process is the loading of inorganic and organic dissolved and particulate matter to lakes and reservoirs at rates sufficient to increase the potential for high biological production, decrease basin volume and deplete DO." This concept is more complete because it includes all materials that produce the eutrophication condition. The eutrophication process and associated major in-lake interactions are summarized in Fig. 2.6                     | Cooke et al., 2013.         |
| DE_JONGE            | Eutrophication is the enrichment of the environment with nutrients and the concomitant production of undesirable effects, while the presence of excess nutrients per se is merely regarded as hypereutrophication.   | de Jonge and Elliott (2001) |
| DIAZ                | Eutrophication is the leading cause of water quality impairment around the world. It is the over- enrichment of water with nutrients such as nitrogen and phosphorus as a result of human activity. Eutrophication can be defined simply as the increase in the rate of production and accumulation of organic carbon in excess of what an ecosystem is normally adapted to processing (Nixon, 1995; Rabalais, 2004). Eutrophication can be harmful to both freshwater and marine ecosystems, and leads to a progression of symptoms that include (Selman <i>et al.</i> , 2008).   | Díaz (2010)                 |
| DOKULIL_10          | Eutrophication in freshwater systems can be defined as a syndrome of ecosystem responses following the increase in concentration of chemical elements (nutrients) to an extent that the primary productivity of the ecosystem is enhanced. Can be natural or artificial  | Dokulil & Teubner (2010)    |
| DOKULIL_14          | Eutrophication is defined as the enrichment of surface waters by inorganic plant nutrients, mainly phosphorus and nitrogen, as a result of slow natural or human accelerated processes. This nutrient load originating from the water shed increases productivity of receiving waters (Dodukil 2013a, b). Hence, eutrophication essentially is a catchment orientated process  | Dokulil (2014)              |
| FRONTIER            | Une trop forte accumulation locale de biomasse n'est jamais viable. Quand elle se produit, le milieu est rapidement épuisé à la fois en oxygène et en matière nutritive minérale, de sorte que la biomasse accumulée meurt et ne tarde pas à se décomposer, utilisant le peu d'oxygène qui reste dans le milieu. Ce déséquilibre est connu sous le nom d'eutrophisation, mais on devrait en fait le nommer hypereutrophisation ou dystrophisation, car il s'agit d'une désorganisation des flux de matière/énergie, due à une stase accidentelle trop importante de la biomasse. Lié à un confinement de la masse d'eau. biomasse insuffisamment exploitée par la chaîne trophique locale. | Frontier et al. (2008)      |

|            |  |                            |
|------------|--|----------------------------|
| GOLTERMAN  | Eutrophication is the process by which lakes, rivers and coastal waters become increasingly rich in plant biomass as a result of the enhanced input of essential plant nutrients. It is thought that in temperate zones such as Europe and North America phosphate is or has been the dominant factor for primary production, while in tropical lakes and coastal region nitrogen seems to be the dominant limiting factor   | Golterman & De Oude (1991) |
| GRAY_1992  | Gray (1992): Eutrophication occurs "when nutrients are added to the body of water they load, provided that they are not toxic compounds and provided that there is sufficient light to increased autotroph growth and also to increased heterotroph growth"  | Gray (1992)                |
| GULATI     | The external input to the lakes of phosphorus (P) and nitrogen (N) and of polluted waters from the rivers and canals have been the major cause of eutrophication, which began during the 1950s. In addition, more recently climate changes, habitat fragmentation and biotic exploitation of many of these waters have probably led to loss of resilience and thus to accelerated eutrophication. Lake eutrophication is manifested essentially in the poor under-water light climate with high turbidity (Secchi disc, 20–40 cm) caused usually by cyanobacterial blooms (e.g. <i>Oscillatoria</i> sp.), and loss of littoral vegetation.   | Gulati & Van Donk (2002)   |
| HARPER     | The eutrophication is the term used to describe the biological effects of an increase in concentration of plant nutrients (usually nitrogen and phosphorus but sometimes others such as silicon, potassium, calcium, iron, or manganese) on aquatic ecosystems. difficult to precisely because of the trophic nature of any one lake, river or estuary   | Harper, 1992               |
| HASLAM     | Pollution by eutrophication: The term 'eutrophication' currently has different meanings, including organic pollution and that used <b>in this book, namely, an increase in those inorganic chemicals which are plant nutrients.</b> This, and the saprophytic or organic pollution meanings, refer to different phenomena. Both may occur together, but the phenomena should not be confused. Eutrophication is used in an even wider sense by Krenkel & Novotny (1980), who consider it a process in which a water body progresses from its origin to its extinction, this being a dynamic process starting with a nutrient-poor glacial state and passing on to a more nutrient-rich one. A time element is here added to a chemical one.  | Haslam, 2014.              |
| HORNE      | Eutrophication can be defined as the process of enrichment of a water body due to an increase in nutrient loading (Horn and Goldman, 1994). A common indicator of this eutrophication is increased phytoplankton population density and speciation often with green, turbid, and foul smelling water and oxygen depletion in water. The source of nitrogen is the liberal use of fertilizers in agriculture combined with increased waste discharges especially after World War 2. Yet this fact that nitrogen is a source of pollution has not been well known by the public. Thus nitrogen sometimes is called the neglected pollutant (Horn and Goldman, 1994).   | Horne and Goldman, 1994    |
| HUTCHINSON | Increase of nutritive substances in a lake, especially phosphorus and nitrogen   | Hutchinson, 1967           |
| LACAZE     | L'eutrophisation — rappelons-le — est définie, au sens habituel comme l'enrichissement des eaux en nutriments essentiellement le phosphore et l'azote qui vont favoriser la croissance des végétaux (à la fois algues et macrophytes) pour finalement induire des efflorescences microalgales (eaux colorées), des algues flottantes à la surface des eaux et des macrophytes notamment des algues sur les rivages ou sur les fonds (Menesguen, 1990, p. 39 ; CEC, 1990 p. 241). En réalité on amalgame cause et conséquence ; la cause est l'hyperfertilisation des eaux résultant de toute substance induisant l'eutrophisation (nutriments et/ou matières organiques). Cette dernière, la conséquence de la pollution par hyperfertilisation, correspond à une forte accumulation de biomasse qui ne pouvant être consommée (chaîne alimentaire locale), ni exportée (milieu confiné) aboutit aux troubles précités (Stim. 1988, p. 164). Effectivement comme l'indique Frontier et Pichod-Viale (1993), une trop forte accumulation locale de biomasse n'est jamais viable. Quand elle se produit, le milieu est rapidement épuisé à la fois en oxygène et en matière nutritive minérale, de sorte que la biomasse accumulée meurt et ne tarde pas à se décomposer, utilisant le peu d'oxygène qui reste dans le milieu. Ce déséquilibre est connu sous le nom d'eutrophisation, mais on devrait en fait le nommer hypertrophisation ou dystrophisation car il s'agit d'une désorganisation des flux de matière/énergie due à un blocage accidentel trop important de la biomasse. | LACAZE, 1996               |
| LAWRENCE   | The enrichment of bodies of fresh water by inorganic plant nutrients (e.g. nitrate, phosphate). It may occur naturally but can also be the result of human activity (cultural eutrophication from fertilizer runoff and sewage discharge) and is particularly evident in slow-moving rivers and shallow lakes. The biomass of phytoplankton and herbivorous zooplankton increases, and species diversity decreases. The water become turbid in summer, the growth of the larger aquatic plants may eventually become suppressed and algal blooms are frequent. The water may become anoxic through the decay of large amounts of OM. Increased sediment deposition can eventually raise the level of the lake or river bed, allowing land plants to colonize the edges, and eventually converting the area to dry land   | Lawrence et al. 1998       |
| LEVEQUE    | L'eutrophisation est un forçage de la productivité des eaux par des apports en éléments nutritifs qui habituellement limitent la production primaire. Prolifération des végétaux (algues et macrophytes) du fait des apports excessifs en éléments nutritifs (phosphates, nitrates) d'origine anthropique  | Lévêque 2000               |
| LIKENS     | Eutrophication can be defined as nutrient and organic matter enrichment or both that results in high biological productivity or decrease in volume within an ecosystem (Likens and Bormann, 1972 IN MOLA).   | Likens and Bormann. 1972   |

|                 |   |                               |
|-----------------|---|-------------------------------|
| LIVINGSTON      | Eutrophication represents and defines one of the central themes of aquatic ecology: the production of organic matter that forms the basis of aquatic food webs. There is a rich scientific literature concerning many aspects of the eutrophication process whereby nutrients are taken up by aquatic plants (phytoplankton, benthic microalgae, epiphytes, emergent vegetation, and submergent macrophytes) to form organic carbon. The basic process is generally the same for most aquatic systems.  | Livingston, (2000)            |
| MASON           | Eutrophication is defined when Chl-a > 10 µg l <sup>-1</sup> , TP > 20 µg l <sup>-1</sup> and TN > 500 µg l <sup>-1</sup> .   | Mason, 1991.                  |
| Nat.Ac<br>ad.Sc | The term « eutrophic » means well-nourished; thus, « eutrophication » refers to natural or artificial addition of nutrients to bodies of water and to the effects of the added nutrients...When the effects are undesirable, eutrophication may be considered a form of pollution   | Rohlich, 1969                 |
| RABALAI<br>S_04 | Eutrophication is the increase in the rate of carbon production and carbon accumulation in an aquatic ecosystem. Initially a description for the natural aging process of freshwater systems. Definition recognizes that eutrophication is not a trophic state, but a process involving changes leading to higher ecosystem production  | Rabalais, 2004                |
| RICHARDSON<br>N | Eutrophication can be defined as the process by which increasing nutrients cause a change of the nutritional status of a given body of water (Richardson and Jørgensen, 1996). Eutrophication can be defined as the process of changing the nutritional status of a given water body by increasing the nutrient resources.  | RICHARDSON et JØRGENSEN, 1996 |
| RYDING          | Au cours des 20 dernières années, le terme « eutrophisation » a été employé de plus en plus souvent pour décrire l'enrichissement des plans d'eau par l'apport artificiel et indésirable de substances nutritives favorisant le développement végétal (dérivés phosphores et azotés essentiellement). Dans certains cas (voir chapitre 10), cet emploi est ambigu, car un apport considéré comme nuisible pour un plan d'eau donné peut être inoffensif ou même bénéfique pour un autre. Cependant, le terme d'eutrophisation est couramment employé pour désigner un plan d'eau caractérisé par une prolifération intense d'algues et de macrophytes qui s'accumulent de manière excessive. Cette accumulation de matière végétale peut entraîner des altérations de la qualité de l'eau et des communautés biologiques du plan d'eau. Ces changements sont susceptibles d'entraver l'utilisation des ressources en eau par l'homme. Dans cet ouvrage, nous avons adopté la définition de l'eutrophisation proposée par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OECD, 1982). L'OCDE définit l'eutrophisation comme « l'enrichissement des eaux en matières nutritives qui entraîne une série de changements symptomatiques tels que l'accroissement de la production d'algues et de macrophytes, la dégradation de la qualité de l'eau et autres changements symptomatiques considérés comme indésirables et néfastes aux divers usages de l'eau ». | Ryding and Rast, 1994         |
| SCHRAMM<br>AMM  | Eutrophication is defined here as the process of natural or man-made enrichment with inorganic nutrient elements, mainly nitrogen and phosphorus, beyond the maximum critical level of the self-regulatory capacity of a given system for a balanced flow and cycling of nutrients.   | SCHRAMM et NIENHUIS, 1996.    |
| SHARP           | Overenrichment of aquatic systems with nutrients, often leading to harmful algal blooms and subsurface oxygen depletion   | Sharp, 2001                   |
| STEELE          | Steele (1974): Eutrophication is the increase of the growth rate of algae, following a faster rate of nutrients in the marine environment as well as the consequences   | Steele, 1974                  |
| THOMAS          | This rapid growth of algae gives rise to numerous undesirable effects on treatment of water for drinking purposes and on fisheries, bathing sanitation, and recreation (tourism). Undoubtedly, this increase in algal growth is caused by increased fertilization of the lakes through the influence of man. Overfertilization results from the increase of waste water in the lakes. By 'eutrophication', therefore, we mean the nutrients that are connected with the augmentation of algal production in the lake  | Rohlich, 1969                 |
| WETZEL          | Eutrophication refers to enrichment of aquatic systems by inorganic plant nutrients. Eutrophication can be defined as the natural aging process of aquatic ecosystems. . Wherein a large, deep, nutrient-poor lake eventually becomes more nutrient-rich, more productive with plant and animal life, and slowly fills in to become a pond, then a marsh  | Wetzel, 1983                  |
| BOESCH          | Eutrophisation : the abundant accumulation of nutrients in an ecosystem   | Boesch, 2008                  |
| AGUADO          | Eutrophication refers to the adverse response of the ecosystem (accelerated plant and algal growth) to the excessive discharge of nutrients like nitrogen and phosphorus into natural water bodies.   | AGUADO et al., 2008           |
| AHMAD           | Eutrophication can be defined as the enrichment of waters by nutrients and the consequent deterioration of quality due to the luxuriant growth of plant life, and its repercussions on the ecological balance of the waters affected.   | AHMAD et IDRIS, 2014          |

|           |  |  |
|-----------|--|--|
| AKDENIZ   | Eutrophication is defined as turbidity in the water and reduction of light permeability and dissolved oxygen as a result of the overall increase of several microorganisms, especially protista containing chlorophyll (algae), which are enriched by nutrients (nutrient salts) released into the environment by human activities (man-made, artificial, or cultural eutrophication) or natural events (natural eutrophication) (Karaer and Akdeniz 2003, Mason 1991).  | AKDENIZ <i>et al.</i> 2011             |
| ALMROTH   | Marine eutrophication is defined as the overenrichment of a water body with nutrients, resulting in the excessive growth of organisms and the depletion of the oxygen (O <sub>2</sub> ) concentration.   | ALMROTH <i>et al.</i> SKOGEN, 2010,    |
| ANDERSEN  | Taking the comments put forward at the workshop into consideration, eutrophication can be defined as « the enrichment of water by nutrients, especially nitrogen and/or phosphorus and organic matter » (Anonymous, 2004).   | ANDERSEN <i>et al.</i> 2006            |
| ANDERSON  | <b>Eutrophication</b> is the natural aging process of aquatic ecosystems. The term was formerly used mostly in reference to the natural aging of lakes wherein a large, deep, nutrient-poor lake eventually becomes more nutrient-rich, more productive with plant and animal life, and slowly fills in to become a pond, then a marsh (Wetzel, 1983). More recently, the term has been used to refer to <b>cultural or accelerated eutrophication</b> of lakes, rivers, estuaries, and marine waters, wherein the natural eutrophication process is advanced by hundreds or thousands of years by human activities that add nutrients (Burkholder 2000). Nixon (1995, p. 95) defined eutrophication as « the process of increased organic enrichment of an ecosystem, generally through increased nutrient inputs. »                                    | Anderson <i>et al.</i> (2002)          |
| ARAI      | For the purpose of this paper, eutrophication is defined as « the process of changing the nutritional status of a given water body by increasing the nutrient resources » (Richardson & Jorgensen, 1996).  | Arai, 2001                             |
| AUBIN     | Eutrophication refers to the potential impacts of high levels of nutrients in the environment, in particular N and P   | Aubin <i>et al.</i> , 2009.            |
| BALDWIN   | Eutrophication here refers to the introduction of terrestrial nitrogens and phosphorous to the reef which allows macroalgae to grow more quickly than herbivores are able to consume them.   | Baldwin, 2000                          |
| BALCERZAK | Eutrophication is the process of gradual enrichment of reservoir water with plant food, mainly nitrogen and phosphorus compounds (nutrients). The process is accompanied with an excessive primary vegetation production (growth of aquatic plants) while no secondary production is observed.   | Balcerzak, 2006                        |
| BELL      | In the present study the term eutrophication refers to a situation where an increase in nutrient levels has occurred and has resulted in "nuisance" algal growth.  | Bell, 1991                             |
| BENNETT   | Eutrophication is a widespread problem in aquatic ecosystems around the world (Vollenweider 1968, NRC 1993, Nixon 1995). Eutrophic lakes exhibit many undesirable traits, including excessive growth of algae and other aquatic plants (Figure 1; Smith 1998). In response to overenrichment with nutrients, the phytoplankton community may shift to bloom-forming nuisance algae, which are harmful to other organisms (Smith 1990). Decomposition of algal blooms can lead to foul odors and oxygen depletion, which can in turn lead to fish kills (Carpenter <i>et al.</i> , 1998; Smith, 1998). Other problems associated with eutrophication include the presence of toxins, unpalatability of drinking water (Lawton & Codd, 1991), extirpation of native plants (Gleick, 1998; Smith, 1998), and loss of biodiversity (NRC, 1993; Smith, 1998). | Bennett, <i>et al.</i> (2001)          |
| BENNION   | Lake eutrophication continues to be a worldwide environmental problem, caused by excessive nutrient inputs, particularly of phosphorus (P), from either sewage effluent or agricultural practices. A large number of freshwater lakes suffer from the deleterious affects of eutrophication such as oxygen depletion, reduced light transparency, loss of biodiversity, and problem algal blooms. For effective lake eutrophication management, it is important to establish whether a lake has always had high nutrient concentrations or whether it has become enriched over time, and if change has occurred whether it is due to anthropogenic influences or natural processes.  | Bennion, <i>et al.</i> (1996).         |
| BEREZINA  | Eutrophication can be defined generally as nutrient enrichment, primarily in regard to phosphorus and nitrogen (Cloern, 2001; Schernewski, 2002), which leads to proliferation of fast-growing ephemeral macroalgae in shallow coastal waters.   | BEREZINA, <i>et al.</i> GOLUBKOV, 2008 |
| BIERMAN   | Cultural eutrophication can be defined as the overproduction of phytoplankton biomass caused by increased anthropogenic nutrient inputs (Bierman <i>et al.</i> , 1984). Cultural eutrophication, here defined as overproduction of phytoplankton biomass caused by increased anthropogenic nutrient inputs, may lead to increased turbidity, aesthetic nuisances, and dissolved oxygen depletion in hypolimnetic waters (1986)   | Bierman <i>et al.</i> 1984.            |
| BONSDORFF | Coastal eutrophication has, since the early 1970s, become the foremost threat to the marine ecosystem of the Archipelago Sea (the Åland Islands and the SW Finnish archipelago) in the northern Baltic Sea. Nutrient levels (N, P) have risen significantly both in coastal areas and basin-wide, which has led to increased primary production (both pelagic and benthic), decreased transparency, increasing amounts of oxygen-consuming drift-algal mats at shallow and intermediate bottoms, and changes in zoobenthos and fish communities. Eutrophication has recently been defined as the effects of an increase in the supply of organic matter to an ecosystem' (Nixon, 1995), which is largely generated by an increase of nutrient input followed by an increased primary (and secondary) production.   | Bonsdorff <i>et al.</i> (1997).        |

|              |  |                                   |
|--------------|--|-----------------------------------|
| BOUWMAN      | Inputs of N to ecosystems may result in an increase in the availability of N. Plant species in many habitats are adapted to nutrient-poor conditions, and can only compete successfully on soils with low N levels. Where N is the primary nutrient limiting plant and microbial production in terrestrial environments, increases in N inputs (in any form) can result in shifts in plant species composition towards nitrophilic species (Bobbink <i>et al.</i> , 1998). We refer to this process as eutrophication;   | Bouwman <i>et al.</i> 2002        |
| CABRITA      | Eutrophication, defined as « the enrichment of water by nutrients, especially compounds of nitrogen (N) and/or phosphorus (P) causing an accelerated growth of algae and higher forms of plant life to produce an undesirable disturbance to the balance of organisms present in the water and to the quality of the water concerned » (Ferreira <i>et al.</i> , 2010), has been one of the most important causes of water quality impairment and a major threat to the health of estuarine, coastal and marine ecosystems, for more than four decades (Ryther and Dunstan, 1971; Nixon, 1995; Bachmann <i>et al.</i> , 2006; Howarth <i>et al.</i> , 2011).   | Cabrera <i>et al.</i> ; (2015)    |
| CARPENTER_98 | Eutrophication is characterized by blooms of noxious algae, excessive growths of aquatic macrophytes, episodes of anoxia, dominance of the zooplankton by small, inefficient grazers, and dominance of the fish biomass by benthivores. While the symptoms of eutrophication vary among lakes, these characteristics are all present to some degree. The syndrome of eutrophication is maintained by several feedbacks (Wetzel 1983), which include excessive inputs of nutrients, loss of desirable macrophyte species, efficient recycling of nutrients from sediments, high predation on zooplankton, and shifts in fish community structure owing to overfishing and habitat loss.   | Carpenter <i>et al.</i> 1998.     |
| CARPENTER_05 | Eutrophication (the overenrichment of aquatic ecosystems with nutrients leading to algal blooms and anoxic events) is a persistent condition of surface waters and a widespread environmental problem. Some lakes have recovered after sources of nutrients were reduced.  | Carpenter, (2005).                |
| CHAU         | Eutrophication can be defined as the input of organic and inorganic nutrients into a waterbody that stimulates the growth of algae and results in a less desirable quality of water, thereby, affecting the water body's usage (e.g., aesthetics, recreation, fish maintenance, water supply, etc.).   | CHAU et JIN, 1998                 |
| CLOERN_2001  | Our mobilization of N and P has accelerated the fluxes of these elements to coastal waters, and fertilization of coastal ecosystems is now a serious environmental problem because it stimulates plant growth and disrupts the balance between the production and metabolism of organic matter in the coastal zone. I use the word eutrophication in a more general sense to reference the myriad biogeochemical and ecological responses, either direct or indirect, to anthropogenic fertilization of ecosystems at the land-sea interface.  | CLOERN, 2001                      |
| CODD         | Eutrophication, the biological response to the excess input of nutrients into a waterbody, can arise rarely under natural conditions, but is more commonly recognised as a consequence of human activities   | Codd, (2000)                      |
| CONLEY       | Human activities have increased the input of both nitrogen and phosphorus to aquatic ecosystems. These nutrients enter surface waters as agricultural runoff, from septage and sewerage discharges, from groundwater inputs, and from the atmosphere, and may stimulate the growth of phytoplankton. This cultural eutrophication of natural waters has been associated with low dissolved oxygen concentrations, declining fish and shellfish stocks, increased frequency of novel and toxic algal blooms and other ecosystem level alterations.  | Conley <i>et al.</i> (1993).      |
| CONTI        | The process of eutrophication can be defined as an increased availability of nutrients in the aquatic ecosystem with a consequent increase in the vegetable biomass. The situation is described from both a scientific and a socio-economic point of view.   | CONTI, 1996                       |
| CORRELL      | Eutrophication is the overenrichment of receiving waters with mineral nutrients. The results are excessive production of autotrophs, especially algae and cyanobacteria. This high productivity leads to high bacterial populations and high respiration rates, leading to hypoxia or anoxia in poorly mixed bottom waters and at night in surface waters during calm, warm conditions. Low dissolved oxygen causes the loss of aquatic animals and release of many materials normally bound to bottom sediments including various forms of P. This release of P reinforces the eutrophication. Excessive concentrations of P is the most common cause of eutrophication in freshwater lakes, reservoirs, streams, and headwaters of estuarine systems. In the ocean, N becomes the key mineral nutrient controlling primary production. | Correll (1998)                    |
| DODDS        | Given the distinction between heterotrophic and autotrophic state, eutrophication can be defined as an increase in the nutritive factor or factors that leads to greater rates of whole-system heterotrophic or autotrophic metabolism (Dodds, 2006). The process of eutrophication can be natural or cultural. This broader definition of eutrophication accounts for increases in C loading to systems and nutrients that may alter GPP as well as R of an ecosystem.  | DODDS <i>et al.</i> COLE, 2007    |
| DOYLE        | Eutrophication can be defined in two ways, either the result of over fertilisation of aquatic environments, with anthropogenic inputs being the cause. Alternatively, a natural phenomenon that increases the organic load in a lake due to the seasonal increase in nutrients.  | DOYLE <i>et al.</i> PARSONS, 2002 |
| FERREIRA     | Eutrophication is a process driven by enrichment of water by nutrients, especially compounds of nitrogen and/or phosphorus, leading to: increased growth, primary production and biomass of algae; changes in the balance of organisms; and water quality degradation. The consequences of eutrophication are undesirable if they appreciably degrade ecosystem health and/or the sustainable provision of goods and services.   | FERREIRA <i>et al.</i> 2011       |
| GOODAY       | Eutrophication – nutrient enrichment leading to elevated production of particulate organic matter and in some cases hypoxia (Gray <i>et al.</i> , 2002) – is one of the profound impacts inflicted on coastal ecosystems by human activities.  | Gooday <i>et al.</i> (2009)       |

|           |  |                            |
|-----------|--|----------------------------|
| GRAY_2002 | Eutrophication arises from an increase in nutrient and dissolved organic matter (DOM) concentrations over natural levels, which in turn leads to a greater production of particulate organic matter (POM) in the water column or on the sea bed, (Dugdale & Goering 1967, Cadée & Hegeman 1974, Cadée 1984, Smith 1984). The organic matter usually originates from bacteria, phytoplankton and zooplankton in the water column, and from surface-living bacteria and diatoms on sediments or/and production by algae and epiphytes on hard substrata (Chapman & Craigie 1977, Hillebrand & Sommer 1999). The amounts of organic matter produced are often too large to be grazed and sink to the seabed along with faeces and other particulate organic matter. The sedimenting organic matter is degraded largely in the water column, a process that uses up oxygen. If oxygen is not supplied by advective and vertical mixing then decreases in oxygen concentrations lead to hypoxia and, in extreme cases, to anoxia. | Gray et al. (2002)         |
| GREENING  | Eutrophication is a broad term used to describe enhanced plant growth in water bodies such as lakes, rivers, and estuaries that receive excess nutrients, mainly nitrogen (N) and phosphorus (P) (Nixon 1995). Consequences of increased nutrient loading, resulting from reduction of dissolved oxygen in the water column when excess organic matter decomposes, include increased episodes of noxious blooms, reductions in aquatic macrophyte communities, and hypoxia and/or anoxia, often leading to substantial shifts in ecosystem processes (Nixon 1995; National Research Council 2000; Cloern 2001; Paerl and others 2003). N and P are the nutrients of greatest concern because they most often control eutrophication and their inputs are often anthropogenic (Paerl and others 2003).  | Greening & Janicki (2006). |
| HASLER    | Enrichment of water, be it intentional or -unintentional, is called eutrophication. Naumann ('31) defined it as the increase of nutritive substances, especially P and N, in a lake. In this paper eutrophication will be interpreted in the broadest sense; namely, lake enrichment owing to any and all nutritive substances.  | Hasler (1947)              |
| HEIP      | Eutrophication of the marine environment is usually defined as a complex set of phenomena ultimately triggered by the increase of limiting nutrients, especially nitrogen and phosphorus from terrestrial sources. In short, increase of limiting nutrients leads to increased primary production by pelagic and benthic algae. The increased amounts of organic material subsequently deposited in sediments are in turn assimilated by increased heterotrophic metabolism of bacteria and grazing and detritus-feeding animals. This may eventually lead to increases in benthic biomass but also to anoxic conditions in sediments and massive die-off of benthic animals. (.....). Furthermore, there are many possible indirect effects of increased organic matter production, including oxygen depletion, changes in species composition and species interactions, changes in sediment characteristics etc.   | Heip, 1995                 |
| HILTON    | In most of the developed world, pollution of waters brought about by the microbial breakdown of easily degraded organic matter, resulting in low oxygen concentrations, has been controlled by the introduction of effective sewage treatment facilities. However, there is a common acceptance that major increases in the primary production of water bodies, i.e. the excessive growth of plants, mainly in the form of algae and large rooted plants (macrophytes) due to high inputs of nutrients (mainly phosphorus and nitrogen), is now the most important polluting effect in lakes and rivers in the developed world (e.g. Mainstone and Parr, 2002). This process, which is termed eutrophication, has a limited effect on human health (with the exception of occasional blue-green algal blooms, which can produce toxic substances in the water) but has major economic consequences.  | Hilton et al; (2006)       |
| HOLMBERG  | It has usually been supposed to describe the process by which a beautiful lake or river became converted into a body of water covered with decomposing blue-green algae. That the word should mean the process of becoming well fed  | Holmberg and Naumann. 1927 |
| JUSTIĆ    | Eutrophication, the manifestation of nutrient-enhanced primary productivity, often indicated by presence of noxious phytoplankton blooms and bottom water hypoxia, has been reported from a variety of marine environments (Rosenberg, 1985; Westernhagen <i>et al.</i> , 1986; Justic 1987; Andersson & Rydberg, 1988).   | Justić et al. (1995)       |
| KHAN      | Lakes and estuaries accumulating large amounts of plant nutrients are called "eutrophic" (from the Greek words eu meaning "well" and trophe meaning "nourishment"). Eutrophication may be defined as the sum of the effects of the excessive growth of phytoplanktons leading to imbalanced primary and secondary productivity and a faster rate of succession from existing to higher seral stage as caused by nutrient enrichment through runoffs that carry down overused fertilizers from agroecosystems and/or discharged human waste from settlements. Eutrophication is a plant-growth-promoting process resulting from accumulation of nutrients in lakes or other water bodies. It is in fact a very slow, natural process, but it can be greatly accelerated by human activities that increase the rate of nutrient input in a water body.   | FAREED et al. 2005.        |
| KITSIOU   | Among the two schools of thought on the definition of eutrophication i.e. the causal relation between nutrient (N, P) — plant biomass production and the production of organic matter, the first approach seems to be more reasonable. Historically eutrophication was established as increased plant production stimulated by inorganic N and P compounds. Furthermore these limiting nutrients seem to control carbon fixation and therefore production of plant biomass. This form of definition has been accepted not only on a scientific basis (Steele, 1974; Gray, 1992; Vollenweider, 1992; O'Sullivan, 1995; Smith <i>et al.</i> , 1999; de Jonge <i>et al.</i> , 2002) but also in a number of legal documents (EC, 1991b; MAP, 2008; UNEP, 2009). It combines the scientific background of eutrophication with practical aspects of eutrophication mitigation and management.   | Kitsiou & Karydis (2011)   |

|                 |  |                                 |
|-----------------|--|---------------------------------|
| KOSKE<br>LA_t   | Terrestrial eutrophication refers to a state of increased nutrient availability in soil increasing the growth of vegetation.   | KOSKELA, <i>et al.</i> 2007     |
| KOSKE<br>LA_w   | Aquatic eutrophication can be defined as the state of a water body in which the production and accumulation of algae and higher aquatic plants have increased excessively due to the increased input of nutrients.   | KOSKELA <i>et al.</i> 2007      |
| LE              | Lake water eutrophication refers to the changes in water chemical properties triggered by accumulation of excessive nutrients such as nitrogen and phosphorus. It is a joint by-product of light, heat, and hydrodynamics resulting from a series of biological, chemical, and physical processes.   | LE <i>et al.</i> 2010           |
| LEVI<br>NE      | The eutrophication processes resulting from increased nutrient inputs are reasonably well understood today.  | Levine & Schindler (1989)       |
| LIVINGST<br>ONE | Eutrophication can be defined as the process of enrichment, in this case of seawater, with nutrients especially N and P, leading to an increased production of phytoplankton. Such processes can stem from natural phenomena such as upwelling or from inputs of nutrients originating from human activity. North Sea Task Force, 1993.  | LIVINGSTONE <i>et al.</i> 2000  |
| LUN<br>D        | Eutrophication means "the process of becoming rich in dissolved nutrients"   | Lund 1967                       |
| LURLING         | Human activities have resulted in enrichment of surface waters with nutrients, mainly nitrogen (N) and phosphorus (P). This cultural eutrophication has become a worldwide water quality issue (Smith and Schindler, 2009) and is recognised by scientists as the most important water quality problem (Downing, 2014). One of the symptoms of eutrophication is excessive phytoplankton growth, mainly cyanobacteria, which may cause nuisance blooms (Carpenter <i>et al.</i> , 1998). Such blooms have negative consequences for ecosystem functioning and ecosystem services. Cyanobacterial blooms can obstruct the use of lakes, ponds and reservoirs as sources of drinking water, agricultural irrigation, fishing, industry water and recreation (Carmichael, 2001; Codd <i>et al.</i> , 2005; Smith and Schindler, 2009) resulting in severe economic costs (Steffensen, 2008; Dodds <i>et al.</i> , 2009). Thus, controlling eutrophication and mitigating nuisance cyanobacteria is an essential task. | Lürling <i>et al.</i> 2016)     |
| MA<br>RINI      | Eutrophication is the process by which nutrients inputs, primarily nitrogen, silicate and phosphorus, contribute to the accumulation of algal biomass and can modify the phytoplankton community composition.  | Marini <i>et al.</i> (2010)     |
| McGLATHERY      | The conceptual model of eutrophication in shallow coastal bays describes a shift in dominance from seagrasses and perennial macroalgae to ephemeral, bloom-forming macroalgae and epiphytes (Sand-Jensen & Borum 1991, Duarte 1995, Valiela <i>et al.</i> 1997), and ultimately, to phytoplankton dominance in the most heavily eutrophied systems (Duarte 1995, Valiela <i>et al.</i> 1997) (Fig. 1). This represents a shift from large benthic macrophytes with relatively high light requirements, high biomass per unit area, and low nutrient turnover rates to algae with lower light requirements, low biomass per unit area, and high nutrient turnover rates (e.g. Duarte 1995, Taylor <i>et al.</i> 1995, Borum 1996).  | McGlathery <i>et al.</i> (2007) |
| MEYE<br>RS      | Eutrophication is defined by the Glossary of Geology as "the artificial or natural enrichment of a lake by influx of nutrients required for the growth of aquatic plants."   | MEYERS, 2006                    |
| NAUMANN         | This formation is characteristic for lakes situated within electrolyte rich soil formations where also area available organic substances resulting from normal degradation. The plankton thus works towards high peaks of productivity and the colour of the vegetation dominates the waters own colour. The characteristic of the eutrophic formation is obviously the high production of the relevant associations. Naumann's definition is echoed today when eutrophication is defined as an increase in nutrient loading (causal factor) that leads to increased productivity (biological consequence). In 1919 Einar Naumann, who knew of Weber's work, employed the term in a discussion of the phytoplankton of Swedish lakes. He originally used them to describe water types, so that springs, streams, lakes, or bogs could contain oligotrophic, mesotrophic, or eutrophic water, according to the concentration of phosphorus, combined nitrogen, and calcium present.                                 | Naumann (1919)                  |
| NIXON           | Nixon (1995): "Eutrophication is an increase in the rate of supply of organic matter to an ecosystem. Process, not trophic state". This definition does not mix causes effects relationships and is limited to the main process which is the biomass production and places emphasis on eutrophication as a process. Since this definition refers to the increase of the supply of organic matter, it links the responses of coastal water masses to organic industrial and urban effluents.  | Nixon, 1995                     |
| NYEN<br>JE      | Eutrophication is one of the most prevalent global problems of our era. It is a process by which lakes, rivers, and coastal waters become increasingly rich in plant biomass as a result of the enhanced input of plant nutrients mainly nitrogen (N) and phosphorus (P) (Golterman and De Oude, 1991).  | Nyenje <i>et al.</i> (2010)     |
| OLIVO<br>TTI    | In this paper, 'eutrophication' is defined as 'undesirable degradation of the aquatic environment (caused by an excessive algal biomass) resulting in a deterioration of water quality which interferes with most of the beneficial uses of water;   | OLIVOTTI <i>et al.</i> 1986,    |
| PAR<br>MA       | In the present paper eutrophication has been defined as the process in water by which the factors which stimulate autotrophic production become optimal.   | Parma, 1980                     |

|                |   |                                |
|----------------|---|--------------------------------|
| PATRICIO       | The process of eutrophication can be defined in terms of its network attributes as any increase in system ascendancy (due to a nutrient enrichment) causes a rise in total system throughput which more than compensates for a concomitant fall in the mutual information (Ulanowicz, 1986).  | PATRÍCIO et al. 2006           |
| QIN            | Lake eutrophication refers to the substantial increase of essential biological elements (including nitrogen and phosphorus) needed by plants, which increases the productivity (or the rate of photosynthesis) of the aquatic ecosystem.  | Qin et al. (2013)              |
| QIN_09         | Eutrophication of lakes and reservoirs is a degradation process originating from the introduction of nutrients from agricultural run-off and untreated industrial and urban discharges.   | Qin (2009)                     |
| RABALAIS_09    | Eutrophication, defined as the increased rate of primary production and accumulation of organic matter (modified from Nixon, 1995), usually results from the excessive addition of nutrients, and results in undesirable changes in ecosystems. Eutrophication is a global phenomenon, with significant effects on foodwebs, water quality, and aquatic chemistry (Cloern, 2001; Rabalais, 2004). As in the sense of multiple stressors described above, we are unable to differentiate completely the GCC aspect and the anthropogenic activities aspect of global change on eutrophication.   | Rabalais et al. (2009)         |
| RAST & HOLLAND | Eutrophication represents the natural "aging" process of lakes. A lake or reservoir receives inflows of water from its surrounding drainage basin and from the atmosphere. Thus, the observed water quality in the waterbody, at least in part, reflects the cumulative effects of the materials carried in all waters flowing into the waterbody   | Rast and Holland (1988)        |
| RAST&THORNTON  | Eutrophication, the enrichment of water bodies with plant nutrients, typically nitrogen and phosphorus, and the subsequent effects on water quality and biological structure and function, is a process, rather than a state. It represents the aging process of lakes, whereby external or allochthonous sources of nutrients and organic matter of terrestrial origin accumulate in a lake basin, gradually decreasing the depth of the water body, and increasing autochthonous production, to the point that the lake begins to take on a marsh-like character and, ultimately, a terrestrial character (Figure 1). Under natural conditions (i.e. without human interferences), this process typically takes place over geological time. However, human influences in a drainage basin can greatly accelerate this enrichment process, rapidly diminishing the utility of a water body, sometimes within only decades. This latter process, termed cultural eutrophication, can be distinguished from natural eutrophication in this way. The former is a consequence of natural lake ageing, whereas the latter is a symptom of human-induced imbalances in the biogeochemical cycling of nutritive elements, such as nitrogen and phosphorus (a discussion of the role of carbon in the eutrophication process is presented in a following section). | Rast & Thornton (1996)         |
| RAUSCH         | Eutrophication is the process in which bodies of water naturally age; it is caused by the presence of nutrients and is characterized by the growth of algae and reduced oxygen levels. Bodies of water are classified as eutrophic if the phosphorous concentration is 31 µg P/L or higher. High phosphorous concentration is the primary cause of eutrophication.  | Rausch & Belyea (2006)         |
| RODRIGUEZ      | In soils, eutrophication is indicated by an increase in the productivity rates of ecosystems, followed by nutritional imbalances in plants and, in the worst cases, their disappearance or substitution by other type of vegetation better adapted to the new environmental conditions (Bobbink <i>et al.</i> , 1998, Grennfelt and Thönelöf, 1992, Nilsson and Grennfelt, 1988, Skupa, 2003 and van Breemen and van Dijk, 1988).   | Rodríguez and Felipe (2006)    |
| ROSENBERG      | Eutrophication is here defined as an increase in nutrients leading to increased growth of algae and plants. The consequences of this process are in most cases an increased biological oxygen demand in the bottom waters, as planktonic production sediments out, which may initially have a stimulatory effect on benthic communities. Ultimately, however, it results in increasing anoxia of the bottom water bringing about the eventual elimination of aerobic organisms.   | Rosenberg, 1985                |
| SAUX_PICART    | Eutrophication is a process resulting from an increase in anthropogenic nutrient inputs from rivers and other sources; the consequences of which can include enhanced algal biomass, changes in plankton community composition and oxygen depletion near the seabed   | Saux Picart et al. (2015)      |
| SAVCI          | Increased amounts of nitrogen and phosphorous compounds in water as a result of the increase in the amount of higher aquatic plants and algae formation and degradation of water quality and water environment in the event of life is defined as eutrophication.   | Savci (2012)                   |
| SCHINDLER      | Eutrophication is the general term used by aquatic scientists to describe the suite of symptoms that a lake exhibits in response to fertilization with nutrients. Common symptoms include dense algal blooms causing high turbidity and increasing anoxia in the deeper parts of lakes from the decay of sedimenting plant material. The anoxia can in turn cause fish kills in midsummer. One of the most objectionable symptoms of eutrophication has been the appearance of floating algal « blooms ». In freshwaters, these surface blooms are often of nitrogen (N)-fixing cyanobacteria (known popularly as blue-green algae). Similar forms are also common in many eutrophied estuaries although other types of nuisance algal blooms are also common.  | Schindler <i>et al.</i> (2008) |
| SMITH          | Eutrophication is the process by which water bodies are made more eutrophic through an increase in their nutrient supply.   | SMITH et al. 1999              |
| SMITH_06       | The papers presented in this volume present current knowledge about the causes, consequences, and management of eutrophication. Although advances made during the 30 yr since the first L&O eutrophication special issue have been most rapid in freshwater lakes and reservoirs, our knowledge base has also expanded greatly for estuaries, coastal marine ecosystems, rivers, and wetlands. In particular, we conclude that it has been clearly established that two primary nutrients (P and N) can regulate aquatic primary productivity in most   | Smith et al. (2006)            |

|                |   |                                   |
|----------------|---|-----------------------------------|
|                | lakes and coastal marine ecosystems, although the actual response of primary producers to N and P enrichment can be modified by factors such as light limitation, hydrology, and grazing. In addition, the intensity and frequency of eutrophication-related water quality problems are often (but not always) correlated with the supply rates of N and P to the receiving waters. The management of nutrient loading thus can be expected to remain a keystone to maintaining desirable quality in our surface waters. However, we have also begun to better understand the ways in which the local biological expression of nutrient enrichment can be modified by site-specific factors, including food web structure.  |                                   |
| STENGER-KOVÁCS | Eutrophication can be defined as an intensified accumulation of plant biomass generally due to an increase in nutrients (primarily phosphorus and nitrogen).  | STENGER-KOVÁCS <i>et al.</i> 2007 |
| TANTANASARIT   | Eutrophication can be defined as the process of excessive growth of algae when high concentrations of nutrients, especially phosphates and nitrates, enrich into the water body.  | TANTANASARIT <i>et al.</i> , 2013 |
| THINGSTAD      | Eutrophication (here defined as increasing nutrient content)  | Thingstad, 1998                   |
| TURNER         | CHANGES in delivery of river-borne nutrients such as dissolved phosphate, nitrate and silicate, owing to land-use changes and anthropogenic emissions, are known to result in eutrophication, enhanced phytoplankton blooms, and more severe hypoxic events in many enclosed bays and seas.   | Turner & Rabalais (1994)          |
| VAN_GINKEL     | Eutrophication is the process of nutrient enrichment and the associated excessive plant growth in water bodies. It is part of the natural ageing process of lakes and is accelerated by human impacts. High nutrient concentrations are the result of cultural and natural influxes of nutrients  | Van Ginkel (2011)                 |
| VAN_STRATEN    | Eutrophication is the process of enrichment of water bodies with plant nutrients (mostly phosphorus and nitrogen compounds). The detrimental effects are excessive algal blooms, dominance of unfavorable blue-green algae, leading to visual pollution, taste and odour problems in water supplies, and filtration problems in the production of drinking water. Eutrophication also leads to fewer water plants and undesirable shifts in fish populations.   | Van Straten and Keesman (1991)    |
| VINODH         | Water eutrophication represents over abundance of nutrients added to a water ecosystem. This impact is typically measured in either kg phosphate equivalent (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) or kg nitrogen (N) equivalent.  | Vinodh (2010)                     |
| VOLLENWEIDER   | Vollenweider (1992): Eutrophication, in its more generic definition that applies to both fresh and marine waters, is the process of enrichment of waters with plant nutrients, primarily nitrogen and phosphorus that stimulates aquatic primary production and in its more serious manifestations leads to visible algal blooms, algal scums, enhanced benthic algal growth of submerged and floating macrophytes.   | Vollenweider (1992)               |
| WASSON         | Dans le meilleur des cas, la diversité taxonomique se maintient, tant que le développement végétal n'affecte pas les caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Mais dès que les apports en phosphore lèvent le principal facteur limitant de la croissance végétale, le phénomène est fréquemment amplifié au point d'induire des conséquences néfastes autant en terme d'équilibre écologique que d'usage de l'eau : c'est l'eutrophisation. Celle-ci se traduit par un dysfonctionnement du milieu : la production primaire en excès n'est pas consommée et s'accumule, tandis que la désoxygénation nocturne due à la biomasse végétale élimine de nombreuses espèces. La probabilité d'apparition de phénomènes d'eutrophisation est généralement accrue dans les rivières chenalisées, tant que le substrat n'est pas déstabilisé ou colmaté. | Wasson <i>et al.</i> (1998)       |
| WEBER          | The word is due to WEBER, who, in 1907, described the nutrient conditions determining the flora of German peat bogs as "in Mooren", die aus Gewässern ihren Ursprung genommen haben, immer von unten nach oben nährstoffreichere (eutrophe) dann mittelreiche mesotrophe) und zuletzt nährstoffarme (oligotrophe) Torfschichten folgen," a sequence that expressed the changes as a bog built up and was raised above the surrounding terrain, so being more easily leached of its nutrients.   | Weber (1907)                      |
| WEISS          | Eutrophication is defined as "the process of becoming more eutrophic, either as a natural phase in the maturing, or artificially, as by fertilization.  | WEISS, 1969                       |
| XEPAPADEAS     | Eutrophication, the over-enrichment of water by nutrients such as nitrogen and phosphorus, and the resulting harmful algal blooms and hypoxia – the reduction in the concentration of dissolved oxygen in aquatic environments to levels which are detrimental to the aquatic ecosystem, is one of the major sources of pollution of coastal waters, oceans and closed seas, lakes, rivers and estuaries.   | Xepapadeas (2011)                 |
| XU             | Aquatic ecosystems worldwide have been negatively affected by eutrophication, many of them driven by increasing nutrient inputs from untreated domestic sewage and industrial and agricultural wastewater. Systems affected by accelerating eutrophication frequently exhibit harmful algal blooms, which foul waterways and water intakes, disrupt food webs, fuel hypoxia, and produce secondary metabolites that are toxic to water consumers and users, including zooplankton, fish, shellfish, cattle, domestic pets, and humans   | Xu <i>et al.</i> (2010)           |

|            |   |  |
|------------|---|--|
| YAMAMOTO   | Eutrophication processes in lakes and coastal waters have been the subjects of intensive study. Eutrophication in coastal areas has affected fish cultures and other activities through the occurrence of red tides. Most eutrophication is a result of anthropogenic activities such as industrialization and urbanization. Therefore, this type of eutrophication has been called « cultural eutrophication »   | Yamamoto (2003)                                |
| YAN        | Eutrophication can be identified as a natural process of enrichment of water with phosphorus and nitrogen that stimulates primary production, leading to enhanced algal growth and sometimes to phytoplankton blooms.   | Yan et al. (2016)                              |
| YANG       | Eutrophication can be defined as the sum of the effects of the excessive growth of phytoplanktons leading to imbalanced primary and secondary productivity and a faster rate of succession from existence to higher serial stage, as caused by nutrient enrichment through runoffs that carry down overused fertilizers from agroecosystems and/or discharged human waste from settlements.   | YANG <i>et al.</i> , 2008                      |
| ZHANG_N    | Eutrophication can be defined as an intensified accumulation of diatom biomass generally due to an increase in nutrients (primarily phosphorus and nitrogen)  | ZHANG et al. 2013                              |
| ZHANG_Y    | Eutrophication, which is a result of there being an excess of nutrients in water including nitrogen and phosphorus, on SR and SOC reservation ability of estuarine wetlands   | Zhang et al. (2015)                            |
| A.E-RMC_88 | Suivant le contexte et (ou) l'auteur, le terme d'« eutrophisation » et ses dérivés « eutrophie », « eutrophe », peut prendre des significations différentes. Il est hors de notre propos de les passer toutes en revue. Dans ce cahier technique on pourra le rencontrer sous deux acceptions : l'une se rapportera à l'évolution naturelle d'un lac, sans connotation péjorative, l'autre à son état « pathologique » découlant d'un excès de fertilisant, d'une pollution nutritionnelle. Dans le premier cas l'eutrophisation désigne une augmentation de productivité d'un écosystème aquatique due à un enrichissement en fertilisant. Un lac peut ainsi passer par plusieurs stades, d'une productivité quasi nulle à une très élevée avec de nombreux individus (abondance forte) et peu d'espèces (diversité faible), en passant par un optimum écologique (que d'aucuns appellent eutrophe) avec un équilibre production-consommation sans déchets, une abondance optimale dans une diversité maximale.  | Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 1992 |
| A.E-RMC_96 | En saison chaude, la prolifération d'une ou plusieurs espèces constitue le symptôme d'un déséquilibre de l'écosystème. Elle se produit aux dépens d'autres espèces végétales ou animales, appauvrit la vie aquatique et crée des nuisances diverses : cette prolifération constitue l'eutrophisation  | Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 1996 |
| BARROIN_76 | Le terme « eutrophisation » est utilisé pour désigner les changements provoqués dans un écosystème aquatique par un enrichissement en fertilisants. Le premier de ces changements consiste en une augmentation considérable de la production végétale phytoplanktonique et c'est de cette pullulation d'algues microscopiques que découlent tous les maux imputables à l'eutrophisation : dégradation de la qualité de l'eau (couleur, odeur, saveur), mortalité de poissons, maladies de la peau, maladies virales, etc. L'eutrophisation peut être naturelle, les lacs naturellement eutrophes se situant dans les régions où les sols sont eux-mêmes naturellement fertiles. Ces lacs évoluent lentement en fonction du comblement de la cuvette. Contrastant avec ce processus naturel imperceptible pour ne pas dire inexistant, il existe un processus considérablement plus rapide dont les effets se sont manifestés dans plusieurs milliers de lacs au cours de ces dernières décades c'est l'eutrophisation culturelle provoquée par un enrichissement en fertilisants issus des multiples activités humaines.  | Baroin, 1976                                   |
| BARROIN_99 | eutrophisation : à l'origine désigne l'évolution naturelle de l'état oligotrophe vers l'état eutrophe au travers des divers paramètres qui caractérisent un état trophique et en relation avec le lent comblement de la cuvette lacustre ; par extension désigne l'évolution accélérée par l'homme indépendamment du lent comblement naturel de la cuvette ; cette dernière est appelée « eutrophisation artificielle » ou « anthropique » ainsi que « eutrophication », « dystrophisation », « hypertrophisation » ; en fait pour mettre en lumière la cause humaine de la nuisance et pouvoir agir « à la source » il convient d'utiliser le terme de « pollution » en 1 <sup>e</sup> rapportant à l'élément incriminé, en l'occurrence les phosphates.   | Barroin, 1999                                  |
| BILLEN     | Classé en zone sensible selon la législation européenne, le bassin de la Seine est menacé d'eutrophisation, un terme qui désigne l'emballement d'un phénomène naturel, le développement de la végétation aquatique. Tout à fait normale et souhaitable puisqu'elle est à la base de la chaîne alimentaire, la présence de végétation dans le réseau hydrographique et en zone côtière pose un vrai problème environnemental quand elle devient anarchique.<br><br>En l'absence d'un éclaircissement suffisant, la respiration des végétaux accumulés tend à épuiser l'oxygène de l'eau qui perd en qualité. En mer, la prolifération d'algues indésirables peut entraîner l'accumulation de mucus sur les plages ou le développement de toxines néfastes pour les coquillages. Les écosystèmes, comme la répartition des plantes et des animaux qui en dépendent, sont modifiés. L'eutrophisation n'est donc pas sans conséquence sur la santé humaine. Devenue insalubre, l'eau doit être traitée de façon renforcée pour pouvoir être consommée. Certaines activités comme la baignade, la pêche à pied, la collecte de coquillages ne sont plus praticables. L'eutrophisation a donc évidemment un coût économique non négligeable. Ses causes sont connues et ce fascicule les développe en détail. Le phénomène s'explique par la physiologie des plantes, les conditions d'éclaircissement et de température ambiante, les apports de nutriments, l'absence de prédateurs, les modifications du profil des voies d'eau. | BILLEN & GARNIER (2009)                        |

|           |  |  |
|-----------|--|--|
| BRICKER   | Eutrophication refers to a process in which the addition of nutrients to water bodies, primarily nitrogen and phosphorus, stimulates algal growth. This is a natural process, but it has been greatly accelerated by human activities. Eutrophication is a process in which the addition of nutrients to water bodies stimulates algal growth. Under natural conditions, this is usually a slow process that results in healthy and productive ecosystems. In recent decades, however, a variety of human activities has greatly accelerated nutrient inputs to estuarine systems, causing excessive growth of algae and leading to degraded environmental conditions. | Bricker et al. (1999)                                |
| C.E.N.R   | Waters, soils, or habitats that are high in nutrients; in aquatic systems, associated with wide swings in dissolved oxygen concentrations and frequent algal blooms  | Committee on Environment and Natural Resources, 2000 |
| DCSMM     | Eutrophication is a process driven by enrichment of water by nutrients, especially compounds of nitrogen and/or phosphorus, leading to: increased growth, primary production and biomass of algae; changes in the balance of organisms; and water quality degradation. The consequences of eutrophication are undesirable if they appreciably degrade ecosystem health and/or the sustainable provision of goods and services.   | Ferreira et al. 2010                                 |
| DE_JONGE  | Eutrophication is the enrichment of the environment with nutrients and the concomitant production of undesirable effects, while the presence of excess nutrients per se is merely regarded as hypernutritication.  | de Jonge and M. Elliott (2001)                       |
| E.A.A     | The concept of eutrophication can be defined as an increase in the rate of supply of organic matter to an ecosystem, which most commonly is related to nutrient enrichment enhancing the primary production in the system  | European Environment Agency, 2001                    |
| GOLDBURG  | Eutrophication is the process by which a body of water becomes enriched with organic material from algae and other primary producers (e.g., photosynthetic organisms). Eutrophication can be stimulated to harmful levels by the anthropogenic introduction of high concentrations of nutrients such as nitrogen and phosphorus.   | GOLDBURG <i>et al.</i> 2001.                         |
| HELCOM    | Eutrophication is driven by a surplus of the nutrients nitrogen and phosphorus in the sea. Nutrient over-enrichment causes elevated levels of algal and plant growth, increased turbidity, oxygen depletion, changes in species composition and nuisance blooms of algae   | HELCOM, 2006   |
| IRONSIDE  | Eutrophication (syn. enrichissement en éléments nutritifs) : enrichissement excessif d'une masse d'eau donnant lieu à une production de matière organique trop abondante pour être entièrement éliminée par les processus d'auto-épuration. L'eutrophication peut se produire naturellement ou être accélérée par une augmentation de la charge en éléments nutritifs de la masse d'eau due à des activités humaines. Voir aussi trophique, niveau trophique et état trophique   | Ironsides, 2001                                      |
| MENESGUEN | ...depuis cinquante ans les apports terrigènes d'éléments nutritifs au milieu aquatique. Cet enrichissement en nitrate (issu principalement du lessivage des terres agricoles), en ammonium et phosphate (très abondants dans les rejets urbains), a causé un déséquilibre du milieu aquatique, appelé eutrophication, qui se manifeste par une production algale surabondante, suivie souvent de chutes d'oxygène dissous préjudiciables à la faune, et une altération de la biodiversité algale.   | Ménesguen 1999                                       |
| NRC       | Eutrophication is the process by which a body of water becomes—either naturally or by pollution—rich in dissolved nutrients such as phosphates and, often, becomes seasonally deficient in dissolved oxygen.   | National Research Council (1993)                     |
| OCDE      | L'eutrophication est définie par l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économiques) comme un « enrichissement des eaux en matières nutritives qui entraîne une série de changements symptomatiques, tels que l'accroissement de la production d'algues et de macrophytes, la dégradation de la qualité de l'eau et autres changements symptomatiques considérés comme indésirables et néfastes aux divers usages de l'eau ».   | Wollenweider, 1982                                   |
| OSPAR     | OSPAR combines enrichment and algal growth with ecosystem disturbance: "Eutrophication means the enrichment of water by nutrients causing an accelerated growth of algae and higher form of plant life to produce an undesirable disturbance to the balance of organisms present in the water and to the quality of the water concerned, and therefore refers to the undesirable effects resulting from anthropogenic enrichment by nutrients by nutrients as described in the Common Procedure".  | OSPAR (2003)   |
| POUSSARD  | L'eutrophication, mot érotique il y a encore quelques années, devient aujourd'hui un terme malheureusement de plus en plus familier, en raison de l'avancée du phénomène. Il désigne en général un "développement végétal excessif", que, sous peine de confusion, on doit distinguer dans ses différents aspects compte tenu de la très grande variété des formes végétales rencontrées.  | Poussard et al. (1988)                               |
| REGNIER   | Eutrophication corresponds to a great increase of phytoplankton, due to the abnormal presence of artificial or natural substances in waters, resulting in the depletion of oxygen in the water, which induces reductions in specific fish and other animal populations.  | Regnier & Schubert (2013)                            |
| SHARPLEY  | Eutrophication is the process of increased aquatic productivity due to excessive nutrient inputs. While both nitrogen and P contribute, P is the primary agent in freshwater eutrophication, since many algae are able to obtain N from the atmosphere. Consequently, controlling eutrophication mainly requires reducing P inputs to surface waters   | Sharpley et al. (1999).                              |
| SUHR      | Eutrophication can be defined in a number of ways but the essential is the state of deviation from a healthy marine environment caused by anthropogenic enrichment by nutrients.   | SUHR 2014  |

|                      |  |  |
|----------------------|--|--|
| Univ_West_England    | If such excess phosphorus reaches water bodies it can trigger the growth of algal blooms, which can deplete water-borne oxygen and release toxic compounds. This is known as eutrophication and can damage aquatic wildlife and reduce biodiversity.   | University of the West of England (2013) |
| UNEP MAP             | Eutrophication is a process driven by enrichment of water by nutrients, especially compounds of nitrogen and/or phosphorus, leading to: increased growth, primary production and biomass of algae; changes in the balance of nutrients causing changes to the balance of organisms; and water quality degradation. The consequences of eutrophication are undesirable if they appreciably degrade ecosystem health and/or the sustainable provision of goods and services.   | UNEP(DEPI)                               |
| WALKER               | Eutrophication can be defined as the enrichment of water bodies leading to an excessive production of organic materials by algae and/or aquatic plants. This process has several direct and indirect impacts on reservoir water quality and beneficial uses.   | Walker 1996                              |
| WHITTON              | Eutrophication is considered here as both the phenomenon of increasing nutrient levels and the effects which result from them. However, as information on the biological effects of eutrophication is not always available, it is useful to have some chemical guideline when checking the literature. Harper (1994), in a survey of one year's data for P levels in mesotrophic rivers in the Anglian Region, considered sites with mean values of <math>0.1 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}</math> as clearly mesotrophic and <math&gt;0.10\text{-}0.25 (1993)="" (mcgarrigle="" (molybdate="" 1992)<="" 22%="" 3-year="" 3000="" 800="" <math&gt;0.03="" <math&gt;0.2="" <math&gt;0.25="" \text{="" a="" accurate="" al,="" and="" annual="" as="" authors="" based="" be="" because="" begins="" boundary="" by="" channel="" classified="" concluded="" considerably="" criterion,="" data,="" dataset.="" errors="" et="" eutrophic="" eutrophic.="" eutrophication="" exceeds="" for="" from="" higher="" however,="" in="" inherent="" instance,="" ireland="" is="" km="" length="" limits="" math&gt;="" mcgarrigle="" median="" mesotrophic-eutrophic="" mesotrophic.="" mg.l}^{-1}="" more="" mrp="" of="" on="" only="" other="" over="" period,="" phosphate)="" probably="" problem="" p}&lt;="" reactive="" regions.="" river="" sites="" some="" study="" suggested="" surveyed="" td="" than="" that="" the="" this="" to="" total="" unfiltered="" use="" value="" was="" water.="" were="" when="" with="" year's=""> <td>Whitton et al. (1998)</td> </math&gt;0.10\text{-}0.25> | Whitton et al. (1998)                    |
| coordinati on rurale | L'eutrophisation, nous y reviendrons, est un enrichissement excessif du milieu aquatique en nutriments, avec une croissance des végétaux aquatiques entraînant à terme une asphyxie du milieu.   | Coordination rurale                      |
| MEE UWIG             | I define eutrophication as the increase in phytoplankton biomass, incorporating the specific response that has been most studied of all eutrophication effects.  | Meeuwig (1998)                           |

## definition

\* Required

### expert \*

- Alex  
 Philippe  
 Other:

### nom auteur 1 \*

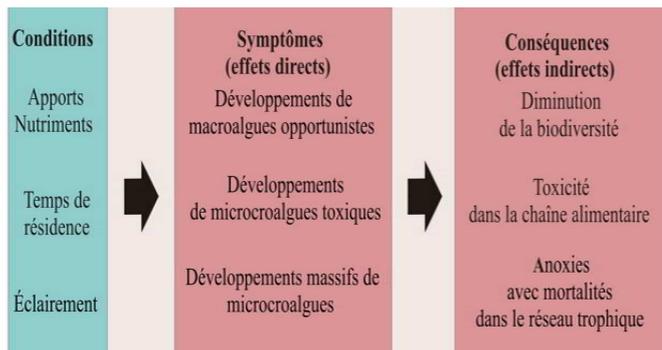
si article = nom du premier auteur en majuscule (mettre l'année si un auteur donne plusieurs définitions);  
si définition d'un dico = "DIC\_" puis nom source (ex. DIC\_larousse); si directive = "DIR\_" puis intitulé (ex  
DIR\_ND3)

### Dim QUOI - Comp 1: que contient la définition? \*

voir schéma cause/symptômes/conséquences ci-dessous

- causes seules  
 symptômes seuls  
 conséquences seules  
 causes + symptômes  
 causes + conséquences  
 symptômes + conséquences  
 causes + symptômes + conséquences

### schema general



**Dim QUOI - Comp 2 : y a t'il un aspect 'négatif' ? \***

- oui sur les conséquences (degradation/deterioration/pollution)
- oui sur les causes (excessive/overenrichment)
- oui sur les symptômes (excessive)
- oui sur les causes et symptômes
- oui sur les causes et les conséquences
- oui sur les symptômes et les conséquences
- oui sur les trois
- non

**Dim QUOI - comp 3: quel terme est utilisé? \***

- enrichissement
- augmentation
- fertilisation / over-fertilisation
- overproduction
- accumulation
- input
- response
- state / situation
- forçage
- processus
- phenomenon
- natural aging process
- change
- impact / effets
- processus d'enrichissement
- Other:

**Dim QUI des causes - comp 1: \***

- inorganic (salts)
- organic
- both
- nutrient
- non précisé

**Dim QUI des causes - comp 2 \***

- azote (N)
- nitrates
- phosphore (P)
- phosphates
- N and P
- N and P and MO
- nitrates et phosphates
- N, P and others
- nutrient
- dissolved nutrient
- MO
- non précisé
- Other:

**Dim OU - dans def \***

le lieu (des symptômes et conséquences) est il précisé dans la definition ?

- freshwater
- marine
- both
- land
- non précisé
- Other:

**Dim OU - origine definition**

quelle est l'origine de l'article (ou de la revue ou de l'auteur) ?

- freshwater
- marine
- both
- water treatment
- land
- Other:

**Dim COMMENT \***

l'auteur précise t'il l'origine de la cause?

- natural
- artificial
- both
- non précisé

**Dim QUAND \***

année de la publication ou de la mise à jour du site internet. Si site internet sans info, inscrire 'site'

**Dim QUI des symptômes \***

quels sont les producteurs primaires cités?

- plantes supérieures/vasculaires
- macroalgues
- microalgues / phytoplankton / cyanobactéries
- algae (micro + macro)
- algae + plantes (végétation / autotrophie)
- non précisé
- Other:

**Dim CSQ Directes (symptômes) \***

concerne les producteurs primaires uniquement

- productivity (vérifier si bien P/B)
- croissance / production / primary productivity / biological productivity / développement / prolifération
- biomasse
- augmentation du nombre d'individus
- change of community structure (autotrophic only)
- non précisé
- Other:

**Dim CSQ Indirectes \***

|   | oui                   | non                   |
|---|-----------------------|-----------------------|
| oxygen depletion  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| oxygen + relargage de sulfures (poison)   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| turbidity / transparence / light  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| recyclage des nutriments / cycles biogéochimiques / unbalanced flow                             | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| change of community (hétérotrophes compris)   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| modification physique (volume, hauteur d'eau, intégrité, comblement)                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| harmful (inclus la toxicité et effets plus larges délétères pour écosystèmes, comme Pheocystis) | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| perte d'espèces, biodiversité   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| qualité de l'eau  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| services écosystémiques (odeur, pb esthétiques, clogging, navigation)                           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| faible production secondaire  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| autre   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**si 'autre' à la question précédente, précisez:****caractérisation de la source \***

- publication
- thèse/master
- rapport
- directive
- glossaire/dictionnaire/encyclopédie (dont site internet)
- livre
- Other:

**Revue \***

si publi : quel est le nom de la revue ? sinon: inscrire 'non'

**langue ? \***

- Anglais
- Français
- Allemand
- Other:

**y a t'il un mot associé à "eutrophisation" ? \***

- cultural
- anthropic
- natural
- AUCUN
- Other:

**Dim CO-FACTEURS : \***

Quels sont les facteurs de causalité associés cités dans la définition?

- light / température
- hydrodynamisme (temps de résidence, stratification, marée, confinement)
- both
- non précisé
- Other:

**difficultés \***

avez vous eu des difficultés à répondre à au moins une question ?

- oui
- non

Never submit passwords through Google Forms.

Annexe 2.3. Tableau de données résultant de l'enquête sur les définitions.

| nom_auteur_1       | OU   | source | CAUSES | SYMPT  | CSQ     | nat_ou_art | QUIdCAUS ES2 | QUIdCA USES | QUIdSYMPT   | QUOldSYMPT | oxygen  | turbidite | toxicite | Qualite  | serv_ec osys | Diversite | CO-FACT | mot_associe |
|--------------------|------|--------|--------|--------|---------|------------|--------------|-------------|-------------|------------|---------|-----------|----------|----------|--------------|-----------|---------|-------------|
| A.E-RMC_92_VA      | ED   | rapp   | Ca_oui | Sy_non | Csq_oui | Art        | NA           | autre       | NA          | NA         | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| A.E-RMC_92_VN      | ED   | rapp   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat        | NA           | autre       | NA          | croissance | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_oui   | NA      | NA          |
| A.E-RMC_98         | ED   | rapp   | Ca_non | Sy_oui | Csq_oui | NA         | NA           | NA          | NA          | croissance | oxy_oui | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_oui   | light   | NA          |
| Actu-Environnement | M    | autre  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA         | inorg        | N+P         | plant       | croissance | oxy_oui | turb_non  | tox_oui  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| AGUADO             | ED   | publi  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA         | inorg        | N+P         | PP          | croissance | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| AHMAD              | ED   | publi  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA         | inorg        | autre       | plant       | croissance | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_oui | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| aires-marines      | M    | autre  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA         | inorg        | N+P         | plant       | croissance | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| AKDENIZ            | ED   | publi  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art    | inorg        | autre       | microalgues | croissance | oxy_oui | turb_oui  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| ALMROTH            | M    | publi  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA         | NA           | autre       | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | marine      |
| ANDERSEN           | M    | publi  | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | NA         | inorg&org    | N+P         | NA          | NA         | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| ANDERSON_VA        | M    | publi  | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | Art        | NA           | autre       | NA          | NA         | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | cultural    |
| ANDERSON_VN        | M    | publi  | Ca_non | Sy_non | Csq_oui | Nat        | NA           | NA          | plant       | croissance | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| ANGELIER           | ED   | Liv    | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA         | inorg        | N+P         | PP          | croissance | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| ARAI               | M    | publi  | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | NA         | NA           | autre       | NA          | NA         | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| ART                | ED&M | Liv    | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA         | inorg        | N+P         | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_oui   | NA      | NA          |
| AUBIN              | ED   | publi  | Ca_non | Sy_oui | Csq_oui | NA         | NA           | N+P         | NA          | NA         | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| BAALDWIN           | M    | publi  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA         | NA           | N+P         | macroalgues | croissance | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| BALCERZAK          | ED   | publi  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA         | inorg        | N+P         | plant       | croissance | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| BARROIN_76         | ED   | rapp   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art    | NA           | autre       | microalgues | croissance | oxy_non | turb_non  | tox_oui  | Qual_oui | SE_oui       | Div_non   | NA      | NA          |
| BARROIN_99         | ED   | rapp   | Ca_non | Sy_non | Csq_oui | Nat        | NA           | NA          | NA          | NA         | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | natural     |
| BARROIN_99_v2      | ED   | rapp   | Ca_oui | Sy_non | Csq_oui | Nat+Art    | inorg        | P           | NA          | NA         | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | anthropic   |
| BELL               | M    | publi  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA         | inorg        | autre       | algae       | croissance | oxy_non | turb_non  | tox_oui  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| BENNETT            | ED   | publi  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA         | NA           | autre       | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non  | tox_oui  | Qual_non | SE_oui       | Div_oui   | NA      | NA          |
| BENNION            | ED   | publi  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art    | NA           | P           | algae       | biomass    | oxy_oui | turb_oui  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_oui   | NA      | lake        |
| BEREZINA           | M    | publi  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA         | inorg        | N+P         | macroalgues | croissance | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |
| BIERMAN            | ED   | publi  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art        | inorg        | autre       | microalgues | croissance | oxy_oui | turb_oui  | tox_non  | Qual_non | SE_oui       | Div_non   | NA      | cultural    |
| BILLEN             | ED   | rapp   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art    | NA           | autre       | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non  | tox_oui  | Qual_oui | SE_oui       | Div_non   | light   | NA          |
| BLACKALL_70        | ED   | Liv    | Ca_non | Sy_non | Csq_oui | Nat        | NA           | NA          | NA          | NA         | oxy_non | turb_non  | tox_non  | Qual_non | SE_non       | Div_non   | NA      | NA          |

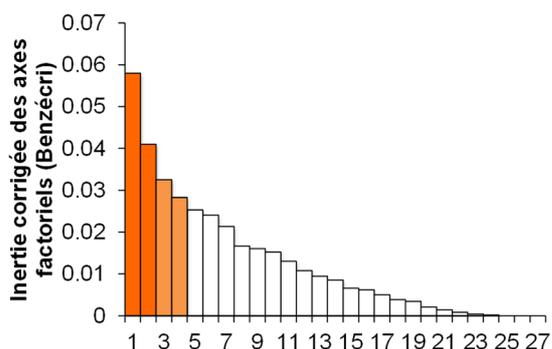
|                        |       |       |        |        |         |         |           |       |             |            |         |          |         |          |        |         |    |          |
|------------------------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|-----------|-------|-------------|------------|---------|----------|---------|----------|--------|---------|----|----------|
| BLACKALL_98            | ED    | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | inorg&org | N+P   | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_oui | Div_non | NA | NA       |
| BOESCH                 | M     | autre | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | NA      | NA        | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| BONSDORFF              | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA        | N+P   | NA          | croissance | oxy_oui | turb_oui | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | coastal  |
| BOUWMAN                | Ter   | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | inorg&org | N     | plant       | autre      | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| BRASIER                | M     | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | inorg     | N+P   | NA          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| bretagne-environnement | autre | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | org       | autre | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| BRICKER                | M     | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Nat+Art | inorg     | N+P   | algae       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| business_dictionary    | autre | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | inorg     | N+P   | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| CABRITA                | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | NA        | N+P   | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_oui | Qual_oui | SE_oui | Div_oui | NA | NA       |
| CAMPBELL               | autre | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | inorg&org | autre | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_oui | NA | cultural |
| CARPENTER_05           | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA        | autre | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| CARPENTER_98           | ED    | publi | Ca_non | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA        | NA    | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_oui | Qual_non | SE_non | Div_oui | NA | cultural |
| cenr                   | M     | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA        | autre | algae       | biomass    | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| CHAU                   | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | inorg&org | autre | algae       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_oui | Div_non | NA | NA       |
| chemicool              | autre | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | inorg     | autre | plant       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| CLOERN_2001            | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | inorg     | N+P   | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| CLOERN_2013            | autre | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | NA        | N+P   | plant       | autre      | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| cnrs                   | autre | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | inorg     | autre | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| CODD                   | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | NA        | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| CONLEY                 | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | NA        | N+P   | microalgues | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_oui | Qual_non | SE_non | Div_oui | NA | cultural |
| CONTI                  | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | inorg     | autre | PP          | biomass    | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| COOKE                  | ED    | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | inorg&org | autre | NA          | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| coordinationrurale.fr  | ED    | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA        | autre | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| CORRELL                | ED&M  | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | inorg     | autre | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_oui | NA | NA       |
| DE_JONGE               | M     | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA        | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| DE_JONGE               | M     | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | NA        | N+P   | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| DIAZ                   | M     | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | NA        | N+P   | algae       | croissance | oxy_oui | turb_oui | tox_oui | Qual_non | SE_non | Div_oui | NA | NA       |
| DIC_eaufrance          | ED    | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | inorg     | N+P   | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_oui | Div_oui | NA | NA       |
| DIC_eurostat           | ED    | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | inorg     | N+P   | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_oui | Qual_non | SE_non | Div_non | NA | NA       |
| DIC_globalwaterforum   | ED    | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | NA        | autre | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_oui | Qual_non | SE_non | Div_oui | NA | NA       |

|                        |       |       |        |        |         |         |           |       |             |            |         |          |         |          |        |         |                       |    |
|------------------------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|-----------|-------|-------------|------------|---------|----------|---------|----------|--------|---------|-----------------------|----|
| DIC_gouv.qc            | ED    | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | inorg     | N+P   | PP          | biomass    | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DIC_hydrology          | ED    | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA        | autre | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DIC_ifremer_NOAA       | M     | autre | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | NA      | NA        | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DIC_larousse           | autre | autre | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | Nat+Art | NA        | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DIC_linternaute        | autre | autre | Ca_oui | Sy_non | Csq_oui | Art     | NA        | N     | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DIC_oxforddictionaries | autre | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | inorg     | autre | plant       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DIC_thefreedictionary  | autre | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | inorg&org | autre | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DIC_wikipedia          | autre | autre | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | NA      | NA        | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DIC-futura-science     | autre | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | inorg&org | N+P   | algae       | croissance | oxy_oui | turb_oui | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_oui | NA                    | NA |
| DIR_DERU               | ED    | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | inorg     | N+P   | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DIR_DIN_DE             | ED    | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | inorg     | autre | algae       | autre      | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DIR_NO3                | ED&M  | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | inorg&org | N     | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DODDS                  | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | inorg&org | autre | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DOKULIL                | ED    | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Nat+Art | inorg     | autre | NA          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DOKULIL_14             | ED    | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Nat+Art | inorg     | N+P   | NA          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DOYLE_VA               | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Art     | NA        | NA    | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| DOYLE_VN               | ED    | publi | Ca_oui | Sy_non | Csq_oui | Nat     | NA        | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | autre                 | NA |
| EAA                    | M     | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | NA        | autre | NA          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| FERREIRA               | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | inorg     | N+P   | algae       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_oui | Div_oui | NA                    | NA |
| FRONTIER               | autre | Liv   | Ca_oui | Sy_non | Csq_oui | NA      | NA        | NA    | NA          | biomass    | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | hydro<br>dyna<br>mism | NA |
| GOLDBURG               | M     | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Nat+Art | inorg&org | N+P   | PP          | biomass    | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| GOLTERMAN              | ED&M  | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | inorg     | autre | plant       | biomass    | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| GOODAY                 | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | NA        | autre | NA          | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| GRAY_1992              | M     | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA        | autre | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | light                 | NA |
| GRAY_2002              | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | inorg&org | autre | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| GREENING               | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | NA        | N+P   | microalgues | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_oui | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| GULATI                 | ED    | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA        | N+P   | microalgues | biomass    | oxy_non | turb_oui | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | autre                 | NA |
| HARPER                 | ED    | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | inorg     | N+P   | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |
| HASLAM                 | ED    | Liv   | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | Nat+Art | inorg     | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA |

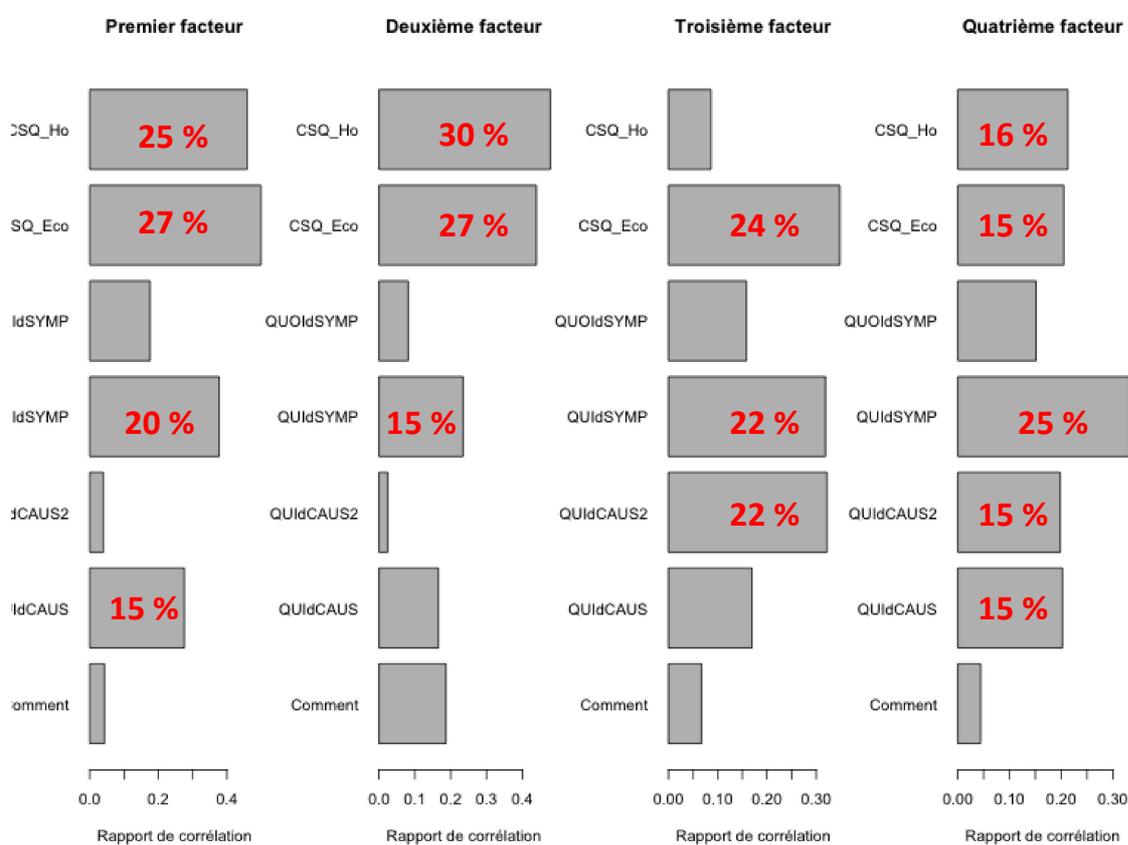
|             |       |       |        |        |         |         |           |       |             |            |         |          |         |          |        |         |                       |                      |
|-------------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|-----------|-------|-------------|------------|---------|----------|---------|----------|--------|---------|-----------------------|----------------------|
| HASLER      | ED    | publi | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | Nat+Art | inorg&org | N+P   | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| HEIP        | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA        | N+P   | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_oui | Qual_non | SE_non | Div_oui | NA                    | NA                   |
| HILTON      | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | NA        | N+P   | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_oui | Qual_non | SE_oui | Div_non | NA                    | NA                   |
| HOLMBERG    | ED    | publi | Ca_non | Sy_non | Csq_non | NA      | NA        | NA    | microalgues | biomass    | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_oui | Div_non | NA                    | NA                   |
| HORNE       | ED    | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | NA        | autre | microalgues | croissance | oxy_oui | turb_oui | tox_non | Qual_non | SE_oui | Div_non | NA                    | NA                   |
| HUTCHINSON  | ED    | Liv   | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | NA      | NA        | N+P   | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| IRONSIDE    | ED    | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | NA        | autre | NA          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| JUSTIC      | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA        | autre | microalgues | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_oui | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| KHAN        | ED&M  | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | NA        | autre | microalgues | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| KITSIOU     | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Nat+Art | NA        | N+P   | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| KOSKELA     | autre | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | inorg     | autre | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| LACAZE      | M     | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | NA        | N+P   | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| LAMBERTI    | ED    | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | NA        | N+P   | algae       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_oui | Div_non | NA                    | NA                   |
| LAWRENCE    | autre | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | inorg     | N+P   | PP          | croissance | oxy_oui | turb_oui | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_oui | hydro<br>dyna<br>mism | NA                   |
| LE          | ED    | publi | Ca_oui | Sy_non | Csq_oui | NA      | NA        | N+P   | NA          | NA         | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | light+<br>hydro       | NA                   |
| LEVEQUE     | ED    | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Art     | inorg     | N+P   | algae       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| LEVINE      | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | NA        | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| LIKENS      | autre | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | inorg&org | autre | NA          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| LIVINGSTON  | M     | Liv   | Ca_non | Sy_non | Csq_non | NA      | inorg     | autre | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| LIVINGSTONE | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Nat+Art | NA        | N+P   | microalgues | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| LUND        | ED    | publi | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | NA      | NA        | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| LURLING     | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | NA        | N+P   | microalgues | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_oui | Div_non | NA                    | cultural             |
| MARINI      | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | NA        | N+P   | microalgues | autre      | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| MASON       | ED    | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Nat+Art | inorg     | N+P   | NA          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| MCGLATHERY  | M     | publi | Ca_non | Sy_non | Csq_non | NA      | NA        | NA    | algae       | autre      | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | conceptual_m<br>odel |
| MEEUWIG     | ED&M  | autre | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | NA      | NA        | NA    | microalgues | biomass    | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| MENESGUEN   | M     | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | inorg     | autre | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_oui | NA                    | NA                   |
| MEYERS      | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Nat+Art | inorg     | autre | plant       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA                   |
| N.R.C       | ED    | rapp  | Ca_oui | Sy_non | Csq_oui | Nat+Art | inorg     | autre | NA          | NA         | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | autre                 | NA                   |

|                |      |       |        |        |         |         |       |       |             |            |         |          |         |          |        |         |       |      |
|----------------|------|-------|--------|--------|---------|---------|-------|-------|-------------|------------|---------|----------|---------|----------|--------|---------|-------|------|
| Nat_Acad_Scie  | ED   | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Nat+Art | NA    | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| NAUMANN        | ED   | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Nat     | NA    | autre | microalgues | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| NIXON          | M    | publi | Ca_non | Sy_non | Csq_non | NA      | org   | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| NYENJE         | ED&M | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | inorg | N+P   | plant       | biomass    | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| ocde           | ED   | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | autre | algae       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_oui | Div_non | NA    | NA   |
| OLIVOTTI       | ED   | publi | Ca_non | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | NA    | algae       | biomass    | oxy_non | turb_non | tox_oui | Qual_oui | SE_oui | Div_non | NA    | NA   |
| ospar          | M    | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | inorg | NA    | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| PARMA          | ED   | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | NA    | autre | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| PATRICIO       | M    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | autre | NA          | autre      | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| POUSSART       | ED   | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | NA    | N+P   | PP          | croissance | oxy_non | turb_oui | tox_non | Qual_non | SE_oui | Div_non | autre | NA   |
| QIN            | ED   | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | inorg | N+P   | NA          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | lake |
| QIN_09         | ED   | publi | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | Art     | NA    | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| RABALAIS       | M    | Liv   | Ca_non | Sy_non | Csq_non | NA      | NA    | NA    | NA          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| RABALAIS_09    | M    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | autre | NA          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| RAST_88        | ED   | publi | Ca_non | Sy_non | Csq_oui | Nat     | NA    | NA    | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| RAST_96        | ED   | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | inorg | N+P   | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| RAUSCH         | Ter  | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat     | NA    | P     | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| REGNIER        | M    | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Nat+Art | NA    | autre | microalgues | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_oui | NA    | NA   |
| RICHARDSON     | M    | Liv   | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | NA      | NA    | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| RODRIGUEZ      | Ter  | publi | Ca_non | Sy_non | Csq_non | NA      | NA    | NA    | plant       | autre      | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| ROSENBERG      | M    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | inorg | autre | PP          | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_oui | Qual_non | SE_non | Div_oui | NA    | NA   |
| RYDING         | ED   | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Art     | NA    | N+P   | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | autre | NA   |
| SAUX_PICART    | M    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | NA    | autre | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| SAVCI          | ED   | publi | Ca_oui | Sy_non | Csq_oui | NA      | NA    | N+P   | PP          | biomass    | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| SCHINDLER      | ED   | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | N+P   | algae       | biomass    | oxy_oui | turb_oui | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_oui | NA    | NA   |
| SCHRAMM        | M    | Liv   | Ca_oui | Sy_non | Csq_oui | Nat+Art | inorg | N+P   | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| SHARP          | M    | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | autre | algae       | biomass    | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| SHARPLEY       | Ter  | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | NA    | N+P   | NA          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| SMITH          | ED&M | publi | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | NA      | NA    | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |
| SMITH_06       | ED&M | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | N+P   | NA          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_non | Div_non | autre | NA   |
| STENGER-KOVACS | ED   | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | NA    | N+P   | plant       | biomass    | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA    | NA   |

|              |       |       |        |        |         |         |       |       |             |            |         |          |         |          |        |         |                       |              |
|--------------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|-------|-------|-------------|------------|---------|----------|---------|----------|--------|---------|-----------------------|--------------|
| SUHR         | ED    | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Art     | NA    | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| TANTANASARIT | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | inorg | N+P   | algae       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| THINGSTAD    | ED    | publi | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | NA      | NA    | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| THOMAS       | ED    | Liv   | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | NA    | autre | algae       | croissance | oxy_oui | turb_oui | tox_oui | Qual_non | SE_oui | Div_non | NA                    | lake         |
| TURNER       | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | inorg | autre | microalgues | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | hydro<br>dyna<br>mism | NA           |
| U.W.E        | ED    | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | NA    | P     | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_oui | Qual_non | SE_non | Div_oui | NA                    | NA           |
| unep_map     | M     | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | N+P   | algae       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_oui | Div_non | NA                    | NA           |
| VAN_GINKEL   | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Nat+Art | inorg | autre | plant       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| VAN_STRATEN  | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | inorg | N+P   | algae       | biomass    | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_oui | Div_oui | NA                    | NA           |
| vedura.fr    | ED    | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | autre | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| VINODH       | ED    | publi | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | NA      | NA    | N+P   | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | water        |
| VOLLENWEIDER | M     | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | inorg | N+P   | algae       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| W.H.O        | ED&M  | autre | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | N+P   | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| WALKER       | ED    | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | NA    | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_oui | SE_oui | Div_non | NA                    | NA           |
| WASSON       | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | P     | PP          | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_oui | Div_non | NA                    | NA           |
| WEBER        | ED    | publi | Ca_non | Sy_non | Csq_oui | NA      | NA    | NA    | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| WEISS        | ED    | publi | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | Nat+Art | NA    | NA    | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| WETZEL       | ED    | Liv   | Ca_oui | Sy_non | Csq_non | NA      | inorg | autre | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| WETZEL2      | ED    | Liv   | Ca_non | Sy_non | Csq_oui | Nat     | NA    | autre | plant       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| WHITTON      | ED    | rapp  | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | P     | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| XEPAPADEAS   | autre | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | NA      | NA    | N+P   | algae       | croissance | oxy_oui | turb_non | tox_oui | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| XU           | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | NA    | autre | algae       | biomass    | oxy_oui | turb_non | tox_oui | Qual_non | SE_oui | Div_non | NA                    | accelerating |
| YAN          | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | Nat     | NA    | N+P   | algae       | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| YANG         | ED&M  | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_oui | Art     | NA    | autre | microalgues | croissance | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| ZHANG_N      | ED    | publi | Ca_oui | Sy_oui | Csq_non | NA      | NA    | N+P   | microalgues | biomass    | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |
| ZHANG_Y      | autre | publi | Ca_oui | Sy_non | Csq_oui | NA      | NA    | N+P   | NA          | NA         | oxy_non | turb_non | tox_non | Qual_non | SE_non | Div_non | NA                    | NA           |



Histogramme des valeurs propres des axes factoriels après correction par la formule de Benzécri (1979)

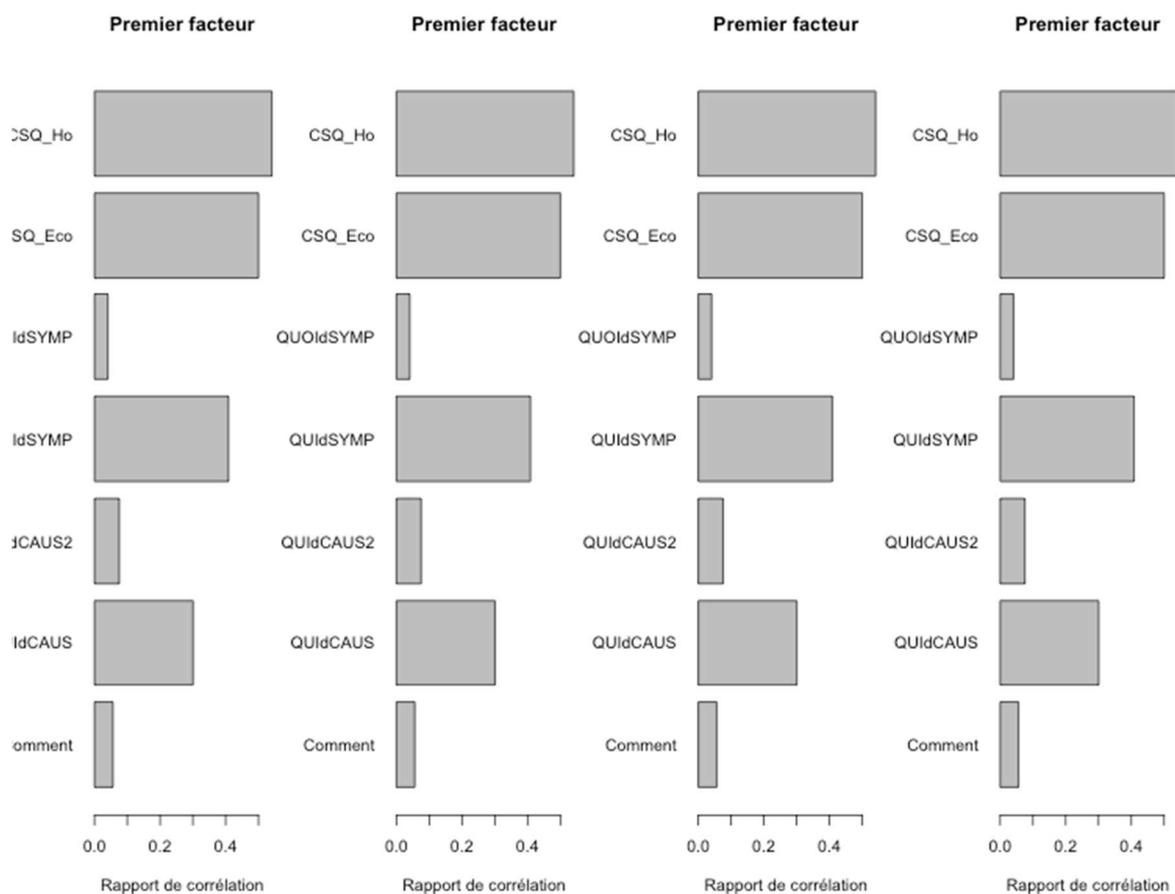
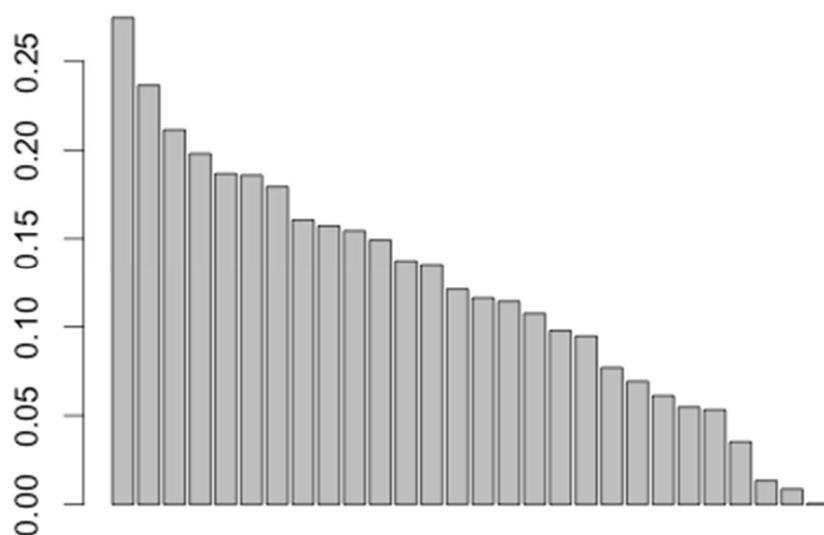


Rapports de corrélation des variables initiales (descripteurs) pour les 4 axes factoriels. Les contributions des variables aux axes sont indiquées en rouge. CSQ\_Ho : Conséquences pour l'Homme ; CSQ\_eco : conséquences écologiques ; QUOIdSYMP : Quoi des symptômes ; QUIIdSYMP : Qui des symptômes ; QUIIdCAUS2 : Qui des causes2 (organique et/ou inorganique); QUIIdCAUS : Qui des causes : (Nutriments, N, P) ; Comment : naturel ou artificiel.

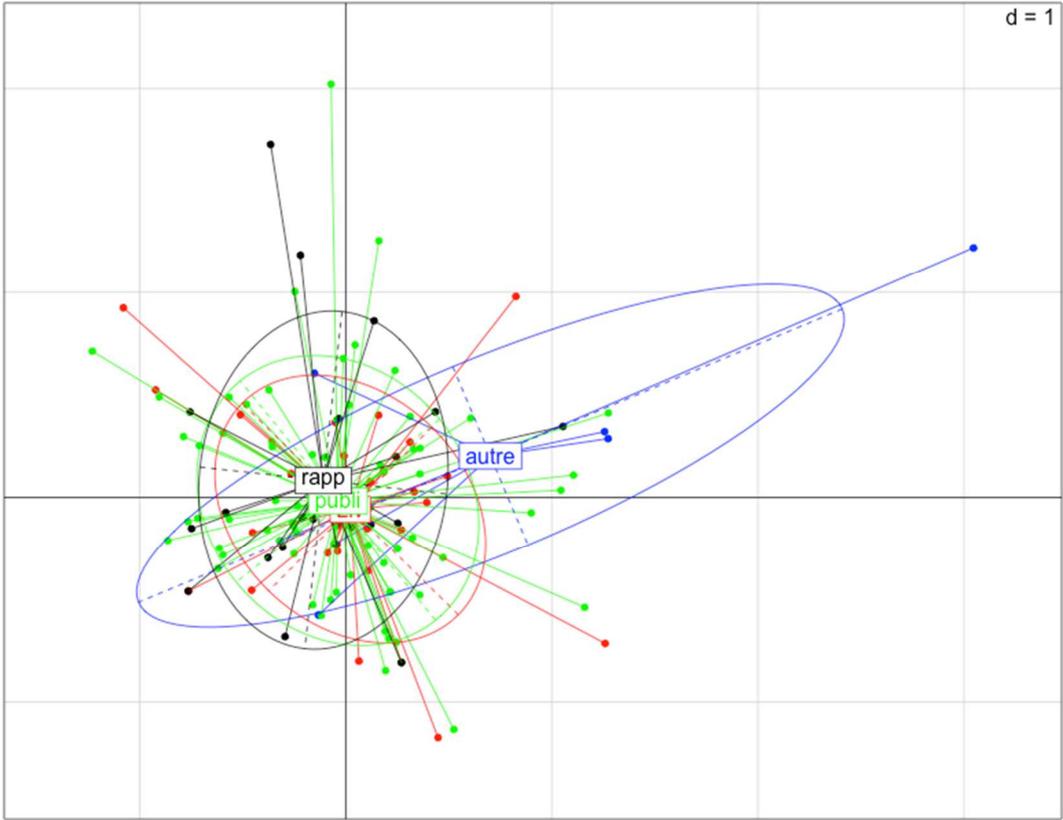




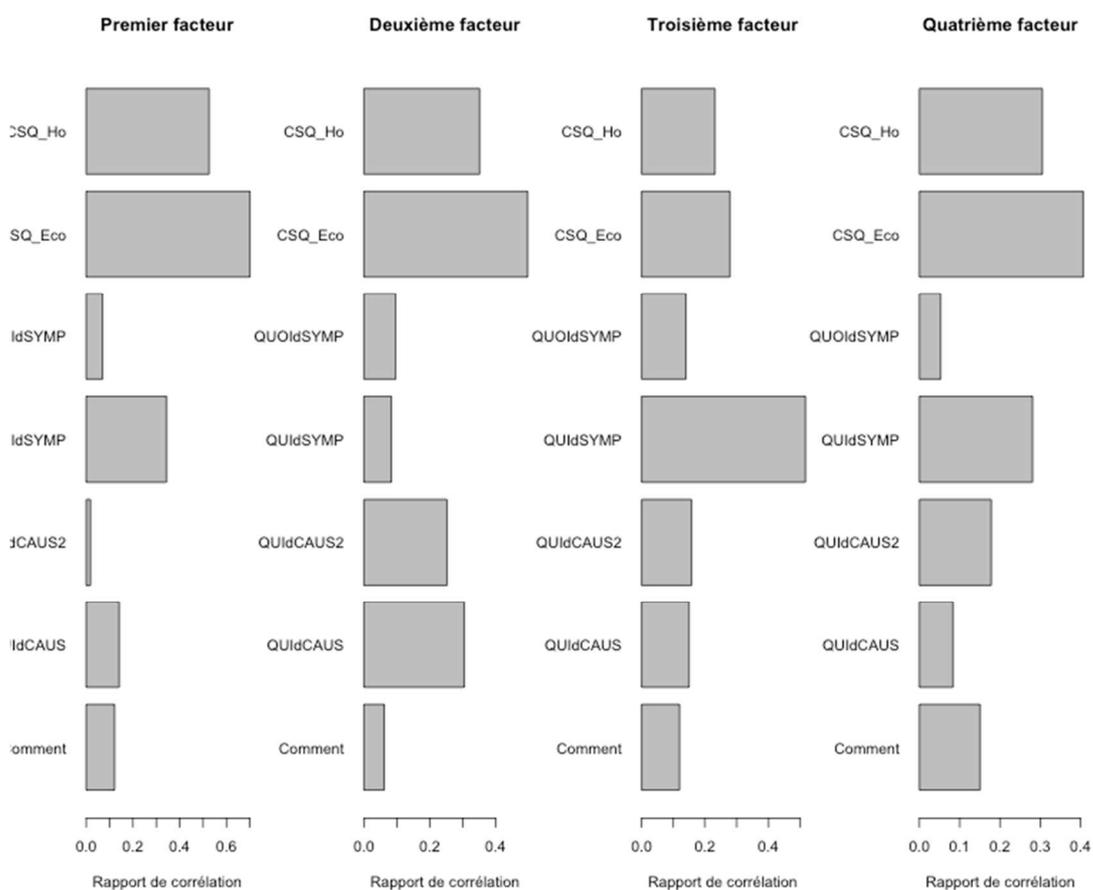
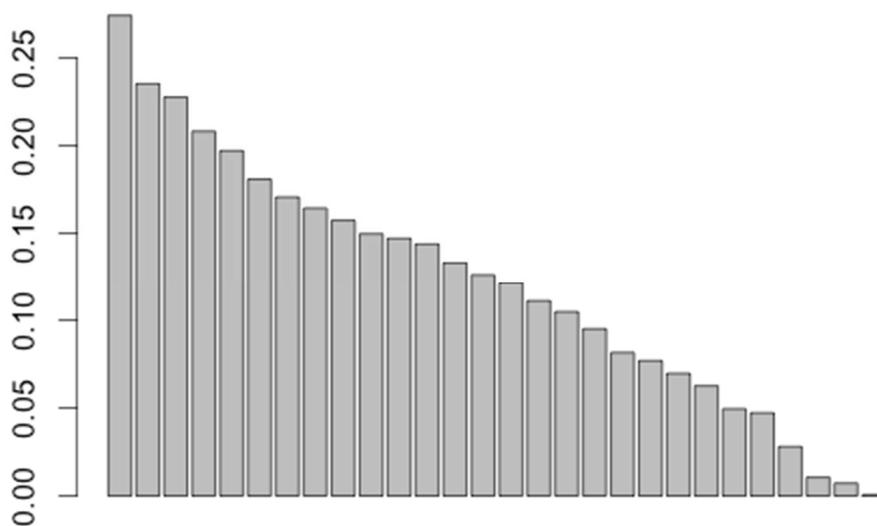
Annexe 2.5 : Résultats de l'ACM en ajoutant les définitions des rapports et des directives à celles des livres et publications.

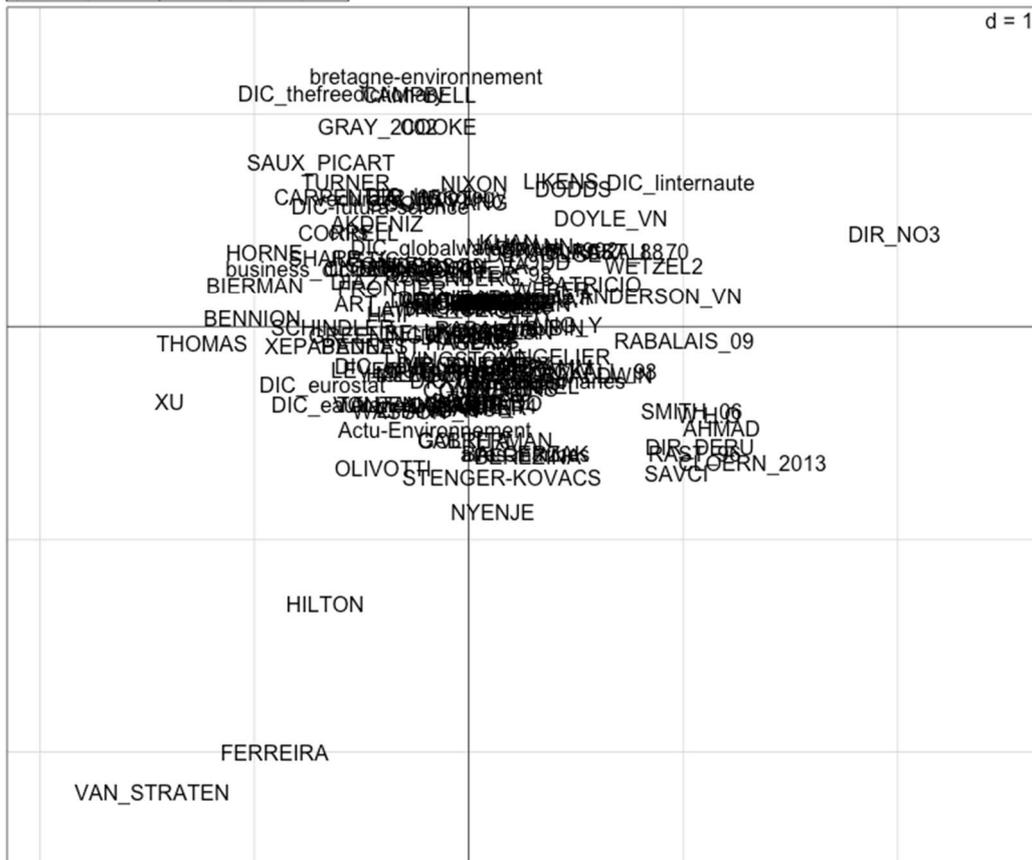
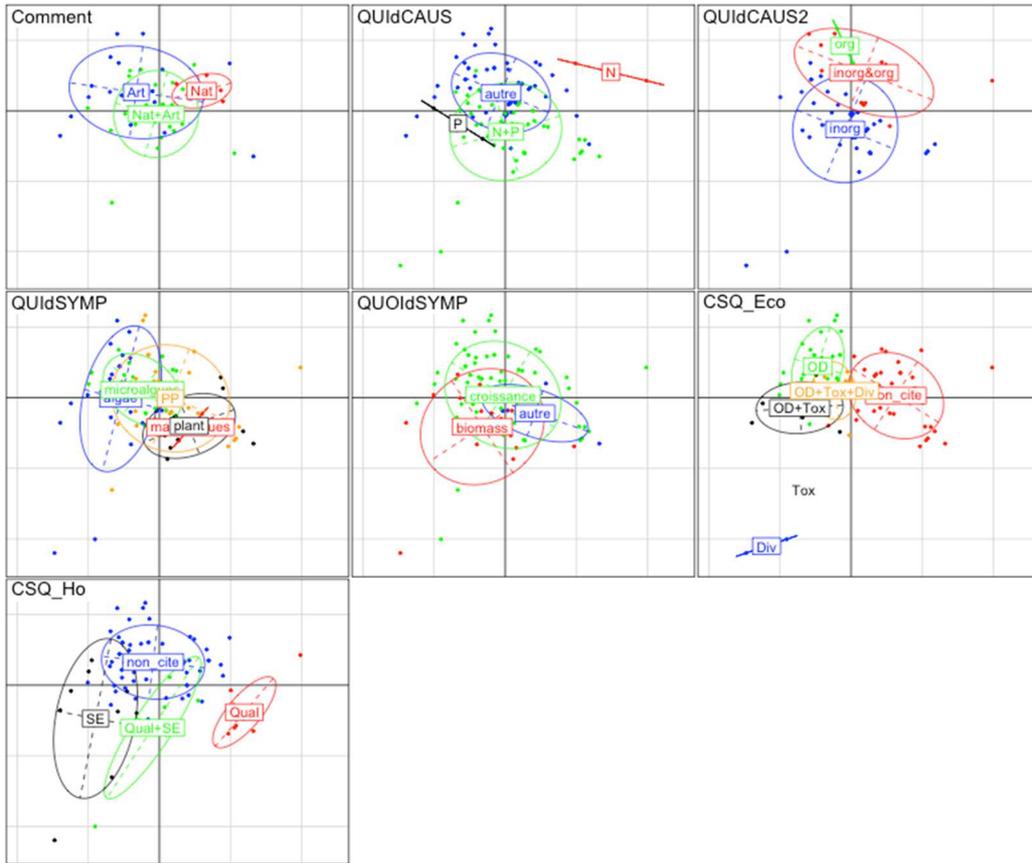






Annexe 2.6 : Résultats de l'ACM en ajoutant les définitions des sites internet et des directives à celles des livres et publications.





## 2.7. Références bibliographiques

- Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 1992. *Plans d'eau, de l'autre côté du miroir*. Institut de l'environnement international
- Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 1996. *EUTROPHISATION DES MILIEUX AQUATIQUES : BILAN DES CONNAISSANCES ET STRATEGIES DE LUTTE. NOTE TECHNIQUE SDAGE N ° 2*.
- Agence des aires marines protégées, 2012. Glossaire: eutrophisation.<http://www.aires-marines.fr/Glossaire/Eutrophisation> [consulté: 16/01/2017]
- Aguado, D.; Montoya, T.; Borrás, L.; Seco, A.; Ferrer, J., 2008. Using SOM and PCA for analysing and interpreting data from a P-removal SBR. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 21 (6): 919-930. 10.1016/j.engappai.2007.08.001
- Aguado, D.; Ribes, J.; Montoya, T.; Ferrer, J.; Seco, A., 2009. A methodology for sequencing batch reactor identification with artificial neural networks: A case study. *Computers & Chemical Engineering*, 33 (2): 465-472. 10.1016/j.compchemeng.2008.10.018
- Ahmad, A.A.; Idris, A., 2013. Release and recovery of phosphorus from wastewater treatment sludge via struvite precipitation. *Desalination and Water Treatment*, 52 (28-30): 5696-5703. 10.1016/S0043-1354(02)00526-2
- Ahmad, A.A.; Idris, A., 2014. Release and recovery of phosphorus from wastewater treatment sludge via struvite precipitation. *Desalination and Water Treatment*, 52 (28-30): 5696-5703
- Akdeniz, S.; Karaer, F.; Katip, A., 2011. A Gis-based method for shallow lake eutrophication assessment. *Journal of Biological ...*
- Almroth, E.; Skogen, M.D., 2010. A North Sea and Baltic Sea Model Ensemble Eutrophication Assessment. *AMBIO*, 39 (1): 59-69. 10.1007/s13280-009-0006-7
- Andersen, J.H.; SCHLUTER, L., 2006. Coastal eutrophication: recent developments in definitions and implications for monitoring strategies. *Journal of Plankton ...*
- Andersen, J.H.; Schlüter, L.; Aertebjerg, G., 2006. Coastal eutrophication: recent developments in definitions and implications for monitoring strategies. *Journal of Plankton Research*, 28 (7): 621-628
- Anderson, D.M.; Glibert, P.M.; Burkholder, J.M., 2002. Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries*, 25 (4): 704-726
- Angelier, E., 2000. *Ecologie des eaux courantes*. ÉDITIONS TEC ET DOC / LAVOISIER
- Arai, M.N., 2001. Pelagic coelenterates and eutrophication: a review. *Hydrobiologia*, 451 (1-3): 69-87. 10.1023/a:1011840123140
- Art, H.W., 1993. *Dictionary of ecology and environmental science*. H. Holt
- Aubin, J.; Papatryphon, E.; Van der Werf, H.; Chatzifotis, S., 2009. Assessment of the environmental impact of carnivorous finfish production systems using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 17 (3): 354-361
- Bakker, E.S.; Wood, K.A.; Pagès, J.F.; Veen, G.F.C.; Christianen, M.J.A.; Santamaría, L.; Nolet, B.A.; HILT, S., 2016. Herbivory on freshwater and marine macrophytes: A review and perspective. *Aquatic Botany*: 1-19. 10.1016/j.aquabot.2016.04.008
- Balcerzak, W., 2006. The Protection of Reservoir Water against the Eutrophication Process. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15 (6):
- Baldwin, J., 2000. Tourism development, wetland degradation and beach erosion in Antigua, West Indies. *Tourism Geographies*, 2 (2): 193-218
- Barroin, G., 1976. La lutte contre l'eutrophisation. *Aménagement et Nature*, 44: 21-23
- Barroin, G., 1999. Limnologie appliquée au traitement des lacs et des plans d'eau. *Les Études des Agences de l'eau*, (62): 214
- Bell, P.R., 1991. Status of eutrophication in the Great Barrier Reef lagoon. *Marine Pollution Bulletin*, 23: 89-93
- Bennion, H.; Juggins, S.; Anderson, N.J., 1996. Predicting epilimnetic phosphorus concentrations using an improved diatom-based transfer function and its application to lake eutrophication management. *Environmental Science & Technology*, 30 (6): 2004-2007
- Benzecri, J.P., 1979. Sur le calcul des taux d'inertie dans l'analyse d'un questionnaire, addendum et erratum à [BIN. MULT.]. *Cahiers de l'Analyse des Données*, 4 (3): 377-378
- Berezina, N.A.; Golubkov, S.M., 2008. Effect of drifting macroalgae *Cladophora glomerata* on benthic community dynamics in the easternmost Baltic Sea. *Journal of Marine Systems*, 74: S80-S85
- Bierman, V.J.; Dolan, D.M.; Kasprzyk, R.; Clark, J.L., 1984. Retrospective analysis of the response of Saginaw Bay, Lake Huron, to reductions in phosphorus loadings. *Environmental Science & Technology*, 18 (1): 23-31
- Billen, G.; Garnier, J., 2009. *Eutrophication des cours d'eau du Bassin de la Seine, Comprendre comment l'activité de l'homme entraîne la prolifération des végétaux aquatiques*. Paris Programme PIREN-Seine.
- Blackall, L.; Burrell, P., 1998. The microbiology of nitrogen removal in activated sludge systems. *The Microbiology of Activated Sludge*. Springer, 203-226
- Blackall, L.L.; Burrell, P.C., 1998. *The microbiology of nitrogen removal in activated sludge systems*. Springer Netherlands (*The Microbiology of Activated Sludge*), 203-226
- Boesch, D., 2008. Global warming and coastal dead zones. *National Wetlands Newsletters*, 30 (4): 11-13
- Boesch, D.F., 2008. Global warming and coastal dead zones. *National Wetlands Newsletters*, 30 (4):
- Bonsdorff, E.; Blomqvist, E.M.; Mattila, J.; Norkko, A., 1997. Coastal eutrophication: Causes, consequences and perspectives in the Archipelago areas of the northern Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44 (Supplement 1): 63-72. 10.1016/S0272-7714(97)80008-X

- Bouwman, A.F.; Van Vuuren, D.P.; Derwent, R.G.; Posch, M., 2002. A global analysis of acidification and eutrophication of terrestrial ecosystems. *Water, Air, & Soil Pollution*, 141 (1): 349-382
- Brasier, M.D., 1995. Fossil indicators of nutrient levels. 1: Eutrophication and climate change. *Geological Society, London, Special Publications*, 83: 113-132
- Bretagne-Environnement, 2017. eutrophisation.[http://www.bretagne-environnement.org/Media/Glossaire/Eutrophisation?KeepThis=true&TB\\_iframe=true&height=150&width=400](http://www.bretagne-environnement.org/Media/Glossaire/Eutrophisation?KeepThis=true&TB_iframe=true&height=150&width=400) [consulté: 16/01/2017]
- Bricker, S.B.; Clement, C.G.; Pirhalla, D.E.; Orlando, S.P.; Farrow, D.R., 1999. *National estuarine eutrophication assessment: effects of nutrient enrichment in the nation's estuaries*. US National Oceanographic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Special Projects Office and the National Center for Coastal Ocean Science
- Business Dictionary, 2017. eutrophication.<http://www.businessdictionary.com/definition/eutrophication.html> [consulté: 16/01/2017]
- Cabrita, M.T.; Silva, A.; Oliveira, P.B.; Angélico, M.M.; Nogueira, M., 2015. Assessing eutrophication in the Portuguese continental exclusive economic zone within the European marine strategy framework directive. *Ecological Indicators*, 58: 286-299
- Campbell, N.A.; Mitchell, L.G.; Reece J.B. (1997). "Biology: Concepts and Connections, D.M., ON: Addison Wesley Longman Inc. G9, 1997. *Biology: Concepts and Connections (2nd ed.)*. Addison Wesley Longman
- Carpenter, S.R., 2005. Eutrophication of aquatic ecosystems: bistability and soil phosphorus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102 (29): 10002-10005
- Carpenter, S.R.; Bolgrien, D.; Lathrop, R.C.; Stow, C.A.; Reed, T.; Wilson, M.A., 1998. Ecological and economic analysis of lake eutrophication by nonpoint pollution. *Austral Ecology*, 23 (1): 68-79
- Carpenter, S.R.; Caraco, N.F.; Correll, D.L.; Howarth, R.W.; Sharpley, A.N.; Smith, V.H., 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological applications*, 8 (3): 559-568
- Chau, K.W.; Jin, H., 1998. Eutrophication model for a coastal bay in Hong Kong. *Journal of Environmental Engineering*, 124 (7): 628-638
- Chemicool Dictionary, 2017. Definition of Eutrophication.<http://www.chemicool.com/definition/eutrophication.html> [consulté: 16/01/2017]
- Claussen, U.; Zevenboom, W.; Brockmann, U.; Topcu, D.; Bot, P., 2009. Assessment of the eutrophication status of transitional, coastal and marine waters within OSPAR. *Hydrobiologia*, 629 (49-58):
- Claussen, U.; Zevenboom, W.; Brockmann, U.; Topcu, D.; Bot, P., 2009. Assessment of the eutrophication status of transitional, coastal and marine waters within OSPAR. *Hydrobiologia*, 629 (49-58):
- Cloern, J.; Krantz, T.; Duffy, J.E., 2013. *Eutrophication*. Washington, D.C.: Cutler J. Cleveland (*Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment*)
- Cloern, J.E., 2001. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series*, 210: 223-253
- CNRS, 2017. Découvrir l'eau - Ecosystèmes aquatiques continentaux - L'eutrophisation.<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/ecosys/eutrophisat.html> [consulté: 16/01/2017]
- Codd, G.A., 2000. Cyanobacterial toxins, the perception of water quality, and the prioritisation of eutrophication control. *Ecological Engineering*, 16 (1): 51-60
- Comité National Français de l'AISH, 1996. Eutrophisation.<http://hydrologie.org/glu/FRDIC/DICEUTRO.HTM> [consulté: 16/01/2017]
- Committee on Environment and Natural Resources, 2000. *Integrated assessment of hypoxia in the Northern Gulf of Mexico*, 58p.
- Conley, D.J.; Schelske, C.L.; Stoermer, E.F., 1993. Modification of the biogeochemical cycle of silica with eutrophication. *Marine Ecology Progress Series*, 101 (1-2): 179-192
- Conti, M.E., 1996. The pollution of the Adriatic Sea: scientific knowledge and policy actions. *International journal of Environment and Pollution*, 6 (2-3): 113-130
- Cooke, G.D.; Welch, E.B.; Peterson, S.A., 2013. *Lake and reservoir restoration*. Elsevier
- Coordination Rurale, 2017. Nitrates, phosphates et eutrophisation : le débat est ouvert !<http://www.coordinationrurale.fr/> [consulté: 16/01/2017]
- Correll, D.L., 1998. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: a review. *Journal of environmental quality*, 27 (2): 261-266
- de Jonge, V.N.; Elliott, M.; Orive, E., 2002. Causes, historical development, effects and future challenges of a common environmental problem: eutrophication. *Hydrobiologia*, 475 (1): 1-19
- Díaz, R.J., 2010. Agriculture's impact on aquaculture: Hypoxia and eutrophication in marine waters. *Advancing the Aquaculture Agenda*: 275-318
- Dictionnaire environnement, 2017. définition : eutrophisation.[https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire\\_environnement/definition/eutrophisation.php4](https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/eutrophisation.php4) [consulté: 16/01/2017]
- DIN Norm 4049, 1990. *Hydrologie, Begriffe der Gewässerbeschaffenheit*. Berlin, 25 pages.
- Directive Nitrate, 1991. *91/676/CEE*:
- Dodds, W.K.; Cole, J.J., 2007. Expanding the concept of trophic state in aquatic ecosystems: it's not just the autotrophs. *Journal of Aquatic Sciences*, 69 (4): 427-439

- Dokulil, M., 2014. Old wine in new skins: eutrophication reloaded: global perspectives of potential amplification by climate warming, altered hydrological cycle and human interference. *Eutrophication*. New York: Nova Science Publishers, Inc:
- Dokulil, M.T.; Teubner, K., 2010. Eutrophication and climate change: present situation and future scenarios. *Eutrophication: causes, consequences and control*. Springer, 1-16
- Downing, J.A., 2014. Limnology and oceanography: two estranged twins reuniting by global change. *Inland Waters*, 4 (2): 215-232
- Doyle, J.D.; Parsons, S.A., 2002. Struvite formation, control and recovery. *Water research*, 36: 3925-3940
- Eaufrance, 2017. glossaire sur l'eau.<http://www.glossaire.eaufrance.fr/concept/eutrophisation> [consulté: 16/01/2017]
- European Environment Agency, 2001. *Eutrophication in Europeans coastal waters*. Copenhagen Topic report No. 7, 86p.
- Eurostat, 2017. Glossaire:Eutrophication.<http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Eutrophication/fr> [consulté: 23/08/2017]
- Ferreira, J.; Andersen, J.; Borja, A.; Bricker, S.; Camp, J.; Cardoso da Silva, M.; Garcés, E.; Heiskanen, A.; Humborg, C.; Ignatiades, L., 2010. Marine Strategy Framework Directive–Task Group 5 Report Eutrophication. *EUR*, 24338: 49
- Ferreira, J.G.; Andersen, J.H.; Borja, A.; Bricker, S.B.; Camp, J.; da Silva, M.C.; Garces, E.; Heiskanen, A.S.; Humborg, C.; Ignatiades, L.; Lancelot, C.; Menesguen, A.; Tett, P.; Hoepffner, N.; Claussen, U., 2011. Overview of eutrophication indicators to assess environmental status within the European Marine Strategy Framework Directive. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 93 (2): 117-131. 10.1016/j.ecss.2011.03.014
- Frontier, S.; Pichod-Viale, D.; Leprêtre, A.; Davoult, D.; Luczak, C., 2008. *Ecosystèmes. Structure, fonctionnement, évolution*. Dunod, 4ème édition, Paris.
- Futura Science, 2017. Eutrophisation.<http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/dico/d/developpement-durable-eutrophisation-4617/> [consulté: 16/01/2017]
- Gehanno, J.-F.; Rollin, L.; Darmoni, S., 2013. Is the coverage of Google Scholar enough to be used alone for systematic reviews. *BMC medical informatics and decision making*, 13 (1): 7
- Global Water Forum, 2017. Glossary.<http://www.globalwaterforum.org/resources/glossary/> [consulté: 16/01/2017]
- Goldburg, R.J.; Elliott, M.S.; Naylor, R.L.; Commission, P.O., 2003. Marine aquaculture in the United States: environmental impacts and policy options.
- Golterman, H.; De Oude, N., 1991. Eutrophication of lakes, rivers and coastal seas. *Water Pollution*. Springer, 79-124
- Gooday, A.; Jorissen, F.; Levin, L.; Middelburg, J.; Naqvi, S.; Rabalais, N.; Scranton, M.; Zhang, J., 2009. Historical records of coastal eutrophication-induced hypoxia. *Biogeosciences*, 6 (8): 1707-1745
- Gouvernement du Québec, 2017. Glossaire.<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/sys-image/glossaire1.htm> [consulté: 16/01/2017]
- Gray, J.S.; Wu, R.S.-s.; Or, Y.Y., 2002. Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment. *Marine Ecology Progress Series*, 238: 249-279
- Gray, S.J., 1992. Eutrophication in the sea. In: Colombo, G.; Viviani, R., eds. *Marine. Eutrophication and Pollution Dynamics*. Fredensborg: Olsen & Olsen, 394p
- Greening, H.; Janicki, A., 2006. Toward reversal of eutrophic conditions in a subtropical estuary: Water quality and seagrass response to nitrogen loading reductions in Tampa Bay, Florida, USA. *Environmental Management*, 38 (2): 163-178
- Gulati, R.D.; Van Donk, E., 2002. Lakes in the Netherlands, their origin, eutrophication and restoration: state-of-the-art review. *Hydrobiologia*, 478 (1-3): 73-106
- Harper, D.M., 1992. *Eutrophication of freshwaters*. Springer
- Haslam, S.M., 2014. *River plants of western Europe*. Cambridge University Press
- Hasler, A.D., 1947. Eutrophication of lakes by domestic drainage. *Ecology*, 28 (4): 383-395
- Heip, C., 1995. Eutrophication and zoobenthos dynamics. *Ophelia*, 41 (1): 113-136
- Hilton, J.; O'Hare, M.; Bowes, M.J.; Jones, J.I., 2006. How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers. *Science of the Total Environment*, 365 (1): 66-83
- Holmberg, O.R.; Naumann, E., 1927. Die Trophie-Begriffe in sprachlicher Hinsicht. *Botaniska Notiser Lund*: 211-214
- Horne, A.J.; Goldman, C.R., 1994. *Limnology*. United States of America: McGraw–Hill press, 133
- Howarth, R.; Paerl, H.W., 2008. Coastal marine eutrophication: control of both nitrogen and phosphorus is necessary. *Proceedings of the National Academy of Sciences*: Dec 4:pnas-0807266106
- Howarth, R.W., 2008. Coastal nitrogen pollution: a review of sources and trends globally and regionally. *Harmful Algae*, 8 (1): 14-20
- Hutchinson, G.E., 1967. *A treatise on limnology. Introduction to lake biology and the limnoplankton*. New York: Ifremer Environnement, 2017. eutrophisation.<http://envlit.ifremer.fr/infos/glossaire/e/eutrophisation> [consulté: 16/01/2017]
- Ironside, G., 2001. *Nutrients in the Canadian Environment: Reporting on the State of Canada's Environment*. Environment Canada
- Jonge, V.N.d.; Elliott, M.; Orive, E., 2002. Causes, historical development, effects and future challenges of a common environmental problem: eutrophication. *Hydrobiologia*, 475/476 (1-19):
- Justić, D.; Rabalais, N.N.; Turner, R.E., 1995. Stoichiometric nutrient balance and origin of coastal eutrophication. *Marine Pollution Bulletin*, 30 (1): 41-46

- Karydis, M., 2005. Understanding marine eutrophication from agricultural runoff in semi enclosed areas: A short review in the Gulf of Geras, Greece. In: Lekkas, T.D., ed. *Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Science and Technology, Vol A - Oral Presentations, Pts A and B*. (Proceedings of the International Conference on Environmental Science and Technology), A721-A725
- Khabsa, M.; Giles, C.L., 2014. The number of scholarly documents on the public web. *PLoS One*, 9 (5): e93949. 10.1371/journal.pone.0093949
- Khan, F.A.; Ansari, A.A., 2005. Eutrophication: an ecological vision. *The botanical review*, 71 (4): 449-482
- Kitsiou, D.; Karydis, M., 2011. Coastal marine eutrophication assessment: a review on data analysis. *Environment international*, 37 (4): 778-801
- Koskela, S.; Seppälä, J.; Lipp, A.; Hiltunen, M.-R.; Pold, E.; Talve, S., 2007. Estonian electricity supply scenarios for 2020 and their environmental performance. *Energy Policy*, 35 (7): 3571-3582
- Lacaze, A.; Lacaze, J.-C., 1996. *L'eutrophisation des eaux marines et continentales: causes, manifestations, conséquences et moyens de lutte*. Ellipses
- Lamberti, V.; Konort, M.D. 1979. Builders for detergent compositions. Brevet
- Larousse, 2017. eutrophisation.<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/eutrophisation/31777> [consulté: 16/01/2017]
- Lawrence, E.; Jackson, A.; Jackson, J., 1998. *Longman Dictionary of Environmental Science*. Essex, England: Addison Wesley Longman Limited, p. 144-145.
- Le, C.; Zha, Y.; Li, Y.; Sun, D.; Lu, H.; Yin, B., 2010. Eutrophication of lake waters in China: cost, causes, and control. *Environmental Management*, 45 (4): 662-668
- Lévêque, C., 2000. Lake and pond ecosystems. In: S.A, L., ed. *Encyclopedia of biodiversity*. New York: Academic Press
- Levine, S.N.; Schindler, D.W., 1989. Phosphorus, nitrogen, and carbon dynamics of Experimental Lake 303 during recovery from eutrophication. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46 (1): 2-10
- Likens, G.E.; Bormann, F.H., 1970. Nutrient cycling in ecosystems. *Proceedings, Annual Biological Colloquium, Oregon State University*. 25-67
- Linternaute, 2017. Eutrophisation.<http://www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/eutrophisation/> [consulté: 16/01/2017]
- Livingston, R.J., 2000. *Eutrophication processes in coastal systems: origin and succession of plankton blooms and effects on secondary production in Gulf Coast estuaries*. CRC press
- Livingstone, M.; Smith, R.; Laughlin, R., 2000. A spatial study of denitrification potential of sediments in Belfast and Strangford Loughs and its significance. *Science of the Total Environment*, 251: 369-380
- Lund, J.W., 1967. Eutrophication. *Nature*, 214: 557-558
- Lüring, M.; Mackay, E.; Reitzel, K.; Spears, B.M., 2016. Editorial—A critical perspective on geo-engineering for eutrophication management in lakes Elsevier.
- Marini, M.; Grilli, F.; Guarnieri, A.; Jones, B.H.; Klajic, Z.; Pinardi, N.; Sanxhaku, M., 2010. Is the southeastern Adriatic Sea coastal strip an eutrophic area? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 88 (3): 395-406
- Mason, C., 1991. *Biology of freshwater pollution. 2nd edn*. Harlow, Essex, England: Longman Scientific & Technical. New York, Wiley
- McGlathery, K.J.; Sundbäck, K.; Anderson, I.C., 2007. Eutrophication in shallow coastal bays and lagoons: the role of plants in the coastal filter. *Marine Ecology Progress Series*, 348: 1-18
- Meeuwig, J.J., 1998. *A11 Water is Wet: predicting eutrophication in lakes and estuaries*. Department of Biology, McGill University, Montréal,
- Ménesguen, a., 1999. L'utilisation de modèles écologiques dans la lutte contre l'eutrophisation des eaux côtières françaises. *Pollutions diffuses : du bassin versant au littoral*. Ploufragan, France: 23-24 septembre 1999. IFREMER, 17 p.
- Meyers, P.A., 2006. An overview of sediment organic matter records of human eutrophication in the Laurentian Great Lakes region. *Water, Air, & Soil Pollution: Focus*, 6 (5-6): 453-463
- National Oceanic and Atmospheric Administration, 2008. Nutrient Pollution – Eutrophication.[http://oceanservice.noaa.gov/education/kits/estuaries/media/supp\\_estuar09b\\_eutro.html](http://oceanservice.noaa.gov/education/kits/estuaries/media/supp_estuar09b_eutro.html) [consulté: 16/01/2017]
- National Research Council, 1993. *Soil and water quality: an agenda for agriculture*. National Academies Press
- Naumann, E., 1919. Some aspects of the ecology of the limnoplankton, with special reference to the phytoplankton. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 13 (2): 129-163
- Nixon, S.W., 1995. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*, 41 (1): 199-219
- Nyenje, P.; Foppen, J.; Uhlenbrook, S.; Kulabako, R.; Muwanga, A., 2010. Eutrophication and nutrient release in urban areas of sub-Saharan Africa—a review. *Science of the Total Environment*, 408 (3): 447-455
- Olivotti, R.; Faganeli, J.; Malej, A., 1986. Eutrophication of Coastal Waters—Gulf of Trieste. *Water science and technology*, 18 (9): 303-316
- OSPAR Commission, 2003. *Strategies of the OSPAR Commission for the protection of the marine environment of the north-east Atlantic (Reference number: 2003-21)*: EUC 03/17/1-E Annex 31, p 22.
- Oxford Dictionary, 2017. Eutrophication.<http://www.oxforddictionaries.com/fr/definition/anglais/eutrophication> [consulté: 16/01/2017]
- Parma, S., 1980. The history of the eutrophication concept and the eutrophication in the Netherlands. *Aquatic Ecology*, 14 (1): 5-11

- Patrício, J.; Ulanowicz, R.; Pardal, M.; Marques, J., 2006. Ascendency as ecological indicator for environmental quality assessment at the ecosystem level: a case study. *Hydrobiologia*, 555 (1): 19-30
- Picart, S.S.; Allen, J.; Butenschön, M.; Artioli, Y.; de Mora, L.; Wakelin, S.; Holt, J., 2015. What can ecosystem models tell us about the risk of eutrophication in the North Sea? *Climatic change*, 132 (1): 111-125
- Poussard, G.; Rivas, J.; Lascombe, C., 1988. L'eutrophisation dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse. *Rapport de l'Agence de l'Eau RMC, Bierre-Bénite, France*:
- Qin, B., 2009. Lake eutrophication: control countermeasures and recycling exploitation. *Ecological Engineering*, 35: 1569-1573
- Qin, B.; Gao, G.; Zhu, G.; Zhang, Y.; Song, Y.; Tang, X.; Xu, H.; Deng, J., 2013. Lake eutrophication and its ecosystem response. *Chinese Science Bulletin*, 58 (9): 961-970
- Rabalais, N.N., 2004. Eutrophication. The global coastal ocean: multiscale interdisciplinary processes. In: Robinson, A.R., and Kenneth H. Brink, ed. *The global coastal ocean: multiscale interdisciplinary processes*. Harvard University Press, Vol.13, 819-865
- Rabalais, N.N.; Turner, R.E.; Díaz, R.J.; Justić, D., 2009. Global change and eutrophication of coastal waters. *ICES Journal of Marine Science*, 66 (7): 1528-1537
- Rast, W.; Holland, M., 1988. Eutrophication of lakes and reservoirs: a framework for making management decisions. *AMBIO*: 2-12
- Rast, W.; Thornton, J.A., 1996. Trends in eutrophication research and control. *Hydrological Processes*, 10 (2): 295-313
- Rausch, K.D.; Belyea, R.L., 2006. The future of coproducts from corn processing. *Applied biochemistry and biotechnology*, 128 (1): 47-86
- Regnier, E.; Schubert, K., 2013. *Consumer preferences, aquaculture technology and the sustainability of fisheries*. Centre d'économie de la Sorbonne
- Richardson, K.; Jorgensen, B.B., 1996. Eutrophication: definition, history and effects. *Eutrophication in coastal marine ecosystems*. 1-19
- Robinson, A.R.; Brink, K.H., 2005. *The global coastal ocean: multiscale interdisciplinary processes*. Harvard University Press
- Rodríguez, L.; Macías, F., 2006. Eutrophication trends in forest soils in Galicia (NW Spain) caused by the atmospheric deposition of nitrogen compounds. *Chemosphere*, 63 (9): 1598-1609
- Rohlich, G., 1969. Eutrophication: causes, consequences, correctives. *Proceedings of a Symposium National Academy of Sciences, Washington, DC. ISBN. 309-01*
- Rosenberg, R., 1985. Eutrophication—the future marine coastal nuisance? *Marine Pollution Bulletin*, 16 (6): 227-231
- Ryding, S.; Rast, W., 1993. *Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs, Edition Masson: ISBN 2-225-84393-7*.
- Savci, S., 2012. An agricultural pollutant: chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3 (1): 73
- Sawyer, C.N., 1966. Basic Concepts of Eutrophication. *Journal Water Pollution Control Federation*, 38 (5): 737-744
- Schindler, D.W.; Hecky, R.; Findlay, D.; Stainton, M.; Parker, B.; Paterson, M.; Beaty, K.; Lyng, M.; Kasian, S., 2008. Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: results of a 37-year whole-ecosystem experiment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105 (32): 11254-11258
- Schramm, W., 1996. *Marine benthic vegetation: recent changes and the effects of eutrophication*. Springer Science & Business Media
- Schramm, W.; Nienhuis, P.H., 1996. Introduction. *Marine Benthic Vegetation*. Springer, 1-4
- Sharp, J.H., 2001. Marine and aquatic communities, stress from eutrophication. *Encyclopedia of biodiversity*. Vol.4, 1-11
- Sharpley, A.; Daniel, T.; Wright, B.; Kleinman, P.; Sobocki, T.; Parry, R.; Joern, B., 1999. National research project to identify sources of agricultural phosphorus loss. *Better Crops*, 83 (4): 12-14
- Smith, V.H.; Joye, S.B.; Howarth, R.W., 2006. Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. *Limnology and Oceanography*, 51 (1part2): 351-355
- Smith, V.H.; Tilman, G.D.; Nekola, J.C., 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental pollution*, 100 (1): 179-196
- Souchu, P.; Bec, B.a.; Smith, V.H.; Laugier, T.; Fiandrino, A.; Benau, L.; Orsoni, V.r.; Collos, Y.; Vaquer, A., 2010. Patterns in nutrient limitation and chlorophyll a along an anthropogenic eutrophication gradient in French Mediterranean coastal lagoons. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 67 (4): 743-753
- Steele, J.H.J.H., 1974. *The structure of marine ecosystems*.
- Stenger-Kovács, C.; Buczko, K.; Hajnal, E.; Padišák, J., 2007. Epiphytic, littoral diatoms as bioindicators of shallow lake trophic status: Trophic Diatom Index for Lakes (TDIL) developed in Hungary. *Hydrobiologia*, 589 (1): 141-154
- Suhr, K., 2014. Nitrogen removal in RAS farms for Baltic Sea coastal farming. *Sciences*, 7: 3259-3271
- Tantanasarit, C.; Englande, A.J.; Babel, S., 2013. Nitrogen, phosphorus and silicon uptake kinetics by marine diatom *Chaetoceros calcitrans* under high nutrient concentrations. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 446: 67-75
- The Free Dictionary, 2017. Eutrophication.<http://www.thefreedictionary.com/eutrophication> [consulté: 16/01/2017]
- Thingstad, T.F., 1998. A theoretical approach to structuring mechanisms in the pelagic food web. *Eutrophication in Planktonic Ecosystems: Food Web Dynamics and Elemental Cycling*. Springer, 59-72
- Thomas, E.A., 1969. *the process of eutrophication in central european lakes*. Washington: National Academy of Sciences (*Eutrophication: Causes, consequences, correctives; proceedings of a symposium. International Symposium on Eutrophication, & National Academy of Sciences* )

- Turner, R.E.; Rabalais, N.N., 1994. Coastal eutrophication near the Mississippi river delta. *Nature*, 368 (6472): 619-621
- UNEP/ MAP UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME MEDITERRANEAN ACTION PLAN, 2015. 2st Report of the Informal Online Working Group on Eutrophication. *5th Meeting of the Ecosystem Approach Integrated Monitoring Correspondence Group*. Rome, Italy:
- University of the West of England, 2013. *Science for Environment Policy Indepth Report: Sustainable Phosphorus Use*. Bristol: University of the West of England.
- Urbaines, D.E.R., 1991. Directive du conseil du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines 91/271/CEE. *Journal Officiel des Communautés Européennes*, 30: 05-91
- Van Ginkel, C., 2011. Eutrophication: Present reality and future challenges for South Africa. *Water SA*, 37 (5): 693-701
- Van Straten, G.T.; Keesman, K.J., 1991. Uncertainty propagation and speculation in projective forecasts of environmental change: A lake-eutrophication example. *Journal of Forecasting*, 10 (1-2): 163-190
- Vedura, 2017. Pollution de l'eau : eutrophisation des écosystèmes aquatiques.<http://www.vedura.fr/environnement/pollution/eau-eutrophisation-ecosystemes-aquatiques> [consulté: 23/08/2017]
- Vinodh, S., 2010. Improvement of agility and sustainability: a case study in an Indian rotary switches manufacturing organisation. *Journal of Cleaner Production*, 18 (10): 1015-1020
- Vollenweider, R., 1992. Coastal marine eutrophication: principles and control. *Science of the Total Environment*: 1-20
- Vollenweider, R.O., 1982. Eutrophication des eaux. *Méthodes de surveillance, d'évaluation et de Lutte*. OCDE, Paris, *Rapport technique*, (42078): 165
- Walker, W.W., 1996. *Simplified procedures for eutrophication assessment and prediction: User manual*. US Army Engineer Waterways Experiment Station Vicksburg, MS
- Wasson, J.; Malavoi, J.; Maridet, L.; Souchon, Y.; Paulin, L., 1998. Impacts écologiques de la chenalisation des rivières. *Regulated Rivers: Research & Management*, 1: 17-36
- Weber, K.A., 1907. Aufbau und Vegetation der Moore Norddeutschlands. *Beibl. Bot. Jahrb.*, 90: 19-34 (Suppl. to Bot. Jahrb 40)
- Weiss, C.M., 1969. Relation of phosphates to eutrophication. *American Water Works Association*, 61: 387-391
- Wetzel, R.G., 1983. *Limnology (2nd edn)*. Philadelphia: Saunders College Publishing
- Whiteside, M. C., 1983. The mythical concept of eutrophication. *Hydrobiologia*, 103(1), 107-111.
- Whitton, B.; Kelly, M.; Region, A.; House, K.; Way, O.G., 1998. Eutrophication control via nutrient reduction in rivers: literature review. *Environment Agency*:
- WHO, 2002. *Eutrophication and Health*. Luxembourg European Commission, ISBN 92-894-4413-4.
- Wikipedia, 2017. Eutrophication.<https://fr.wikipedia.org/wiki/Eutrophication> [consulté: 16/01/2017]
- Xepapadeas, A., 2011. The economics of non-point-source pollution. *Annu. Rev. Resour. Econ.*, 3 (1): 355-373
- Xu, H.; Paerl, H.W.; Qin, B.; Zhu, G.; Gao, G., 2010. Nitrogen and phosphorus inputs control phytoplankton growth in eutrophic Lake Taihu, China. *Limnology and Oceanography*, 55 (1): 420-432
- Yamamoto, T., 2003. The Seto Inland Sea—eutrophic or oligotrophic? *Marine Pollution Bulletin*, 47 (1): 37-42
- Yan, H.Y.; Zhang, X.R.; Dong, J.H.; Shang, M.S.; Shan, K.; Wu, D.; Yuan, Y.; Wang, X.; Meng, H.; Huang, Y., 2016. Spatial and temporal relation rule acquisition of eutrophication in Da'ning River based on rough set theory. *Ecological Indicators*, 66: 180-189
- Yang, X.-e.; Wu, X.; Hao, H.-l.; He, Z.-l., 2008. Mechanisms and assessment of water eutrophication. *Journal of Zhejiang University Science B*, 9 (3): 197-209
- Zhang, N.; Fan, Y.; Liu, Y., 2011. Relationship between diatom communities and environmental conditions at Honghe wetland, China. *African Journal of Biotechnology*, 10 (76): 17506-17518
- Zhang, Y.; Wang, L.; Hu, Y.; Xi, X.; Tang, Y.; Chen, J.; Fu, X.; Sun, Y., 2015. Water organic pollution and eutrophication influence soil microbial processes, increasing soil respiration of estuarine wetlands: site study in Jiuduansha wetland. *PLoS One*, 10 (5): e0126951
- Zillén, L.; Conley, D.; Andren, T.; Andren, E.; Björck, S., 2008. Past occurrences of hypoxia in the Baltic Sea and the role of climate variability, environmental change and human impact. *Earth-Science Reviews*, 91 (1-4): 77-92