



## THESIS / THÈSE

### MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES

#### Etude comparative de représentations du concept d'écosystème lacustre

César, Cédric

*Award date:*  
2001

[Link to publication](#)

#### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

#### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



---

**FACULTES UNIVERSITAIRES NOTRE-DAME DE LA PAIX  
NAMUR**

**Faculté des Sciences**

**ETUDE COMPARATIVE DE REPRESENTATIONS DU CONCEPT  
D'ECOSYSTEME LACUSTRE**

Mémoire présenté pour l'obtention du grade de  
licencié en Sciences biologiques

Cédric CESAR

Juin 2001

**Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix**  
**FACULTE DES SCIENCES**  
Secrétariat du Département de Biologie  
Rue de Bruxelles 61 - 5000 NAMUR  
Téléphone: +32(0)81.72.44.18 - Téléfax: +32(0)81.72.44.20  
E-mail: jonet@fundp.ac.be - <http://www.fundp.ac.be/fundp.html>

## **Etude comparative de représentations du concept d'écosystème lacustre**

CESAR Cédric

### Résumé

Ce travail a pour objectif principal d'illustrer l'intérêt de la collaboration entre les sciences humaines et les sciences exactes.

Ainsi, on a tenté de montrer que, dans une perspective de gestion durable des écosystèmes lacustres, les "actes techniques" effectués sur un plan d'eau et son environnement peuvent être utilement complétés par d'autres au niveau de l'homme.

On a donc développé un modèle didactique contenant l'ensemble des attributs de l'écosystème lacustre et à l'aide duquel on a jaugé les représentations de ce système aquatique existant chez des individus que l'on a interrogés. On a ensuite réalisé des représentations synthétiques de celles qu'on a trouvées chez les répondants et on les a agencées selon un gradient de complexité dans un schéma récapitulatif. On y a ensuite associé quelques facteurs, favorisant ou bloquant la progression de la connaissance, que l'on avait mis en évidence dans le cadre théorique et dans l'analyse des résultats. On a pu aussi indiquer plusieurs éléments qui semblent insuffisamment présents dans les représentations et qui pourraient permettre de mieux comprendre le fonctionnement global du système aquatique étudié.

Ainsi, une personne informée devrait être plus à même de dialoguer et d'agir en collaboration avec les spécialistes et les décideurs, ce qui pourrait avoir une incidence directe sur les moyens mis en œuvre pour réaliser une utilisation raisonnée des ressources lacustres et un impact indirect sur l'état de ces dernières.

Le modèle didactique que l'on a mis en place, ainsi que le schéma récapitulatif, pourraient avoir une utilité pédagogique propre.

Le modèle didactique peut servir à communiquer les connaissances requises pour des objectifs divers puisque tous les attributs qu'il contient ne sont pas forcément utiles dans chacune des perspectives qui peuvent être visées (compréhension du fonctionnement, connaissance de la topographie, etc.).

Le schéma récapitulatif permet de visualiser l'agencement des représentations d'un groupe en fonction de leurs complexités, une fois que ces dernières ont été identifiées à l'aide du modèle didactique. Ensuite, il est possible, grâce à son apport, de confronter les étudiants dont les représentations se complètent. Ceux-ci vont pouvoir, de cette façon, les faire évoluer durablement par un acte dynamique (et non passif comme c'est souvent le cas lors d'une transmission d'un professeur à un élève) et positif (chaque partie progresse en se servant de l'expérience de l'autre et les avis de chacun sont donc dignes d'intérêt).

Mémoire de licence en Sciences biologiques

Juin 2001

**Promoteur:** D. Rousselet

## Remerciements

En premier lieu je remercie le Professeur Daniel Rousselet qui m'a accueilli dans son unité et m'a donné l'opportunité de réaliser ce mémoire.

Ma reconnaissance va aussi au Professeur Jean-Pierre Descy, mon co-promoteur, pour ses conseils avisés.

Je tiens également à remercier les membres de mon jury qui ont accepté de lire ce travail.

Un très chaleureux merci à François Darchambeau qui dispense son temps, son savoir et sa bonne humeur sans compter.

Merci au Professeur Hogenraad et à Monsieur Mabilie pour leurs suggestions.

Merci à tous les autres, famille, amis et camarades sans lesquels ce mémoire n'aurait certainement pas vu le jour.

# Sommaire :

INTRODUCTION .....	5
<b>1ÈRE PARTIE : CADRE THÉORIQUE .....</b>	<b>8</b>
1.1. INTRODUCTION : LA PRESENTATION THEORIQUE : SA STRUCTURE, SON IMPORTANCE ET SA FINALITE.....	8
1.2. IDENTIFICATION DES DOMAINES DE RECHERCHE ET INTERET DE LEUR CONFRONTATION.....	10
1.2.1. Champ de la didactique de la biologie .....	10
1.2.2. Champ de la limnologie, théorique et appliquée .....	13
1.2.3. Intérêt de la confrontation entre la didactique et la limnologie dans l'appropriation de concepts tels que celui d'écosystème lacustre et implications possibles .....	14
1.3. CREATION DES OUTILS NECESSAIRES A LA REALISATION DE NOTRE MEMOIRE : .....	17
1.3.1. Description des modèles et de leurs rôles particuliers dans le cadre de ce travail .....	17
1.3.2. Le concept d'écosystème lacustre .....	18
1.3.2.1. Définitions.....	18
1.3.2.1.1. Le concept .....	18
A) "Bonne définition de concepts" .....	18
B) Définition de la notion de concept .....	23
C) Attributs essentiels de la notion de concept .....	25
1.3.2.1.2. Le système .....	25
A) Définition du concept de système.....	25
B) Attributs essentiels du concept de système.....	27
1.3.2.1.3. L'écosystème.....	27
A) Description succincte de ce qu'on entend généralement par écosystème.....	27
A.1.) Introduction.....	27
A.2.) Les différents facteurs écologiques.....	30
A.2.1.) Les facteurs abiotiques .....	30
A.2.2.) Les facteurs biotiques .....	31
A.2.2.1.) Généralités .....	31
A.2.2.2.) La biodiversité.....	31
A.2.2.2.1.) Introduction.....	31
A.2.2.2.2.) Définition de la biodiversité .....	32
A.2.2.2.3.) Les différentes valeurs de la biodiversité .....	33
A.2.2.2.4.) Les fonctions de la biodiversité .....	35
A.2.2.2.4.1.) Introduction .....	35
A.2.2.2.4.2.) Rôles de la biodiversité .....	36
A.2.3.) Les facteurs trophiques .....	38
A.2.4.) Autres facteurs : L'espace, le temps, l'espace-temps et les implications possibles.....	39
A.2.4.1.) Introduction .....	39
A.2.4.2.) L'espace, l'étendue, la limite et la finitude .....	39

A.2.4.2.1.)Généralités .....	39
A.2.4.2.2.)La notion de frontière.....	40
A.2.4.2.3.)La notion de finitude.....	41
A.2.4.3.)Le temps, la durée, l'instant, le cycle et l'irréversibilité .....	43
A.2.4.3.1.)Généralités.....	43
A.2.4.3.2.)Rôle du temps cyclique dans l'écosystème .....	45
A.2.4.3.3.)Rôle du temps évolutif dans l'écosystème.....	45
A.2.4.3.4.)Le temps "spirale" .....	46
A.2.4.4.)L'espace-temps et la notion d'échelle.....	46
A.2.4.4.1.)Généralités.....	46
A.2.4.4.2.)Les implications relatives au choix d'échelles.....	49
A.2.4.5.)Conclusion.....	50
B)Attributs essentiels du concept d'écosystème.....	51
1.3.2.1.4.L'écosystème lacustre .....	52
A.)Définition générale du lac.....	52
A.1.)Généralités .....	52
A.2.)Classification les plus courantes des lacs.....	54
A.2.1.)Classification suivant leur origine (pour les lacs naturels).....	54
A.2.2.)Classification suivant leur structure thermique.....	56
A.2.3.)Classification suivant leur structure trophique.....	57
A.2.4.)Classification suivant leur indice de creux moyen 'Ic'.....	58
A.2.5.)Classification suivant leur salinité.....	59
A.3.)Divisions du bassin lacustre en zones grâce à différents paramètres physiques, chimiques et topographiques .....	60
B)Facteurs influençant le fonctionnement d'un lac .....	63
B.1.)Les facteurs abiotiques.....	63
B.1.1.)Climatiques .....	63
B.1.1.1.)La température .....	63
B.1.1.2.)Le vent.....	63
B.1.1.3.)Les apports météoriques.....	64
B.1.1.4.)L'énergie lumineuse .....	64
B.1.2.)Non climatiques.....	64
B.1.2.1.)Edaphiques .....	64
B.1.2.1.1.)La composition physico-chimique du bassin versant.....	64
B.1.2.1.2.)L'origine de la matière organique.....	65
B.1.2.2.)Hydrologiques .....	65
B.1.2.2.1.)Les propriétés générales de l'eau.....	65
B.1.2.2.2.)Les gaz dissous .....	66
B.1.2.3.)Topographiques .....	67
B.2.)Les facteurs biotiques.....	68
B.2.1.)L'homme .....	68
B.2.2.)Le type de communauté vivante.....	68
B.2.3.)Le degré d'hétérotrophie .....	69
B.3.)Les facteurs trophiques .....	69
B.4.)D'autres facteurs.....	69
B.4.1.)La capacité d'auto-épuration du bassin lacustre .....	69
B.4.2.)La naturalité du lac .....	70
C)Conclusion .....	74
D)Attributs essentiels du concept d'écosystème lacustre.....	71
1.3.2.2.Premier outil : Un modèle didactique opérationnel du concept d'écosystème lacustre.....	72
1.3.2.3.Second outil : Un modèle épistémologique du concept d'écosystème lacustre.....	74
1.3.2.3.1.Introduction .....	74
1.3.2.3.2.Découpage en quatre phases, justification et mise en garde.....	74
1.3.2.3.3.Présentation du modèle .....	75
A)La première étape : une dimension .....	75

B)La seconde étape : deux dimensions.....	75
C)La troisième étape : trois dimensions.....	76
D)La quatrième étape : trois dimensions et le temps .....	76
1.3.2.3.4.Recherche de facteurs pouvant influencer l'évolution du concept d'écosystème lacustre .....	77
1.4.CONCLUSION DU CADRE THEORIQUE.....	79
<b>2ÈME PARTIE : MÉTHODOLOGIE :.....</b>	<b>82</b>
2.1.INTRODUCTION :.....	82
2.2.CHOIX DE L'ECHANTILLON :.....	82
2.3.ELABORATION DU QUESTIONNAIRE .....	83
2.3.1.Introduction.....	83
2.3.2.Description des différentes parties du questionnaire, de leur utilité et de leur codage.....	84
2.3.2.1. <u>Première partie</u> : Le profil des personnes interrogées .....	84
2.3.2.2. <u>Seconde partie</u> : La représentation de l'écosystème lacustre et des facteurs importants pour le caractériser, que ce soit au niveau morphologique ou fonctionnel, sous forme dessinée et/ou textuelle...	86
2.3.2.2.1.Première forme de codage.....	86
2.3.2.2.2.Seconde forme de codage.....	87
2.3.2.3. <u>Troisième partie</u> : La notion d'écosystème.....	89
2.4.PREPARATION DES DONNEES EN VUE DE LEUR ANALYSE.....	90
2.4.1.Introduction.....	90
2.4.2.Les transformation des données codées proprement dites.....	92
2.4.2.1.Le groupement.....	92
2.4.2.1.1.Introduction .....	92
2.4.2.1.2.Choix du coefficient d'association.....	93
2.4.2.1.3.Choix de la méthode de classement.....	94
2.4.2.2.L'ordination.....	95
2.4.2.2.1.Choix de la méthode d'ordination.....	95
2.4.2.2.2.L'AFC.....	96
2.5.CRITIQUE DE LA METHODOLOGIE .....	98
2.5.1.Le questionnaire.....	98
2.5.2.Le codage du questionnaire .....	99
2.5.3.L'échantillonnage .....	100
2.5.4.Conclusion.....	101
<b>3ÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION :.....</b>	<b>102</b>
3.1.INTRODUCTION .....	102

<b>3.2.PREMIERE ANALYSE DES RESULTATS.....</b>	<b>102</b>
3.2.1.Profils des répondants.....	102
3.2.1.1.Description des résultats .....	102
3.2.1.2.Synthèse.....	103
3.2.2.Représentations de l'écosystème lacustre .....	104
3.2.2.1.Description des résultats .....	104
3.2.2.2.Synthèse.....	105
3.2.3.Définitions de l'écosystème .....	107
3.2.3.1.Description des résultats .....	107
3.2.3.2.Synthèse.....	109
3.2.4.Recherche de liens entre les définitions de l'écosystème et les représentations de l'écosystème lacustre .....	111
3.2.4.1.Description des résultats .....	111
3.2.4.2.Synthèse.....	113
<b>3.3.SECONDE ANALYSE DES RESULTATS .....</b>	<b>114</b>
3.3.1.Groupement des répondants grâce au modèle didactique opérationnel de l'écosystème lacustre.....	115
3.3.1.1.Description des résultats .....	115
3.3.1.2.Synthèse.....	124
3.3.2.Etude des liens potentiels entre les représentations de l'écosystème lacustre et les profils des répondants.....	125
3.3.2.1.Description des résultats .....	125
3.3.2.2.Synthèse.....	128
<b>3.4.CONCLUSION .....</b>	<b>129</b>
<b>4ÈME PARTIE : CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES : .....</b>	<b>132</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>138</b>
<b>ANNEXES</b>	

## Introduction :

Les sciences de la nature et les sciences humaines présentent de nombreuses différences, notamment au niveau de leur définition et de leur mode d'élaboration. Néanmoins, on ne peut nier à l'heure actuelle l'intérêt d'une approche interdisciplinaire "s'appuyant non seulement sur les sciences exactes et naturelles, mais aussi sur les sciences sociales et humaines". (1), (2), (3)

C'est ce que nous voudrions illustrer dans ce mémoire.

Pour ce faire, nous avons décidé, après discussion, de traiter un sujet prenant appui à la fois en limnologie et en didactique de la biologie. Il s'agit de l'étude de représentations<sup>1</sup> de l'écosystème lacustre<sup>2</sup> et des implications qui peuvent résulter de leur connaissance au niveau de la gestion des eaux continentales lenticues.

Le choix d'une question en rapport avec la limnologie s'est fait assez facilement puisqu'il s'agit d'un domaine qu'on a déjà eu l'occasion d'aborder. L'adoption de la didactique de la biologie comme point de vue et comme méthode d'étude s'explique tout d'abord par le fait que dans le cadre de notre cursus, nous n'avions pas eu l'occasion d'explorer ce domaine. Il se justifie encore et surtout par notre vif intérêt pour tous les sujets ayant trait à la vulgarisation et à la transmission des connaissances scientifiques au plus grand nombre.

En effet, l'information<sup>3</sup> est, à notre sens, un des piliers majeur sur lequel doit se reposer toute société qui se veut démocratique. Elle permet une participation éclairée du citoyen qui a le droit de peser sur toutes les décisions le concernant de près ou de loin. Dans une société orientée vers la science et la technologie, l'information scientifique est un droit fondamental et "ne pas informer est une atteinte à l'humanité de l'homme" (3). Cela ne peut qu'engendrer la peur, l'incompréhension et rendre inefficace toute tentative, pourtant nécessaire, de modification du comportement de la population pour assurer aux générations futures l'accès à un patrimoine vital. L'action des gestionnaires de nos ressources naturelles n'a donc de sens que s'il s'agit d'un acte global et non ponctuel. Si la gestion des écosystèmes demande un suivi du milieu, il est

---

<sup>1</sup> La représentation ou (pré)conception correspond au système d'idées qu'ont en tête les apprenants, souvent inconsciemment, avant d'engager l'apprentissage structuré d'une notion.

<sup>2</sup> Les écosystèmes lacustres, ont comme particularité d'être les premiers écosystèmes à avoir été étudiés (voir pages 75 et 76), ce qui nous permet de pouvoir remonter à l'origine de la formation de ce concept et de voir comment il s'est progressivement construit et transmis.

<sup>3</sup> Nous voulons parler ici de l'information dans son sens le plus global, qu'il s'agisse de connaissance ou d'incertitude.

nécessaire d'y inclure l'homme dans toutes ses dimensions si l'on ne veut pas réaliser des "emplâtres sur des jambes de bois". Nous pensons que c'est là que la didactique peut entrer en jeu, comme nous allons essayer, à notre mesure, de le montrer.

Pratiquement, notre travail sur les représentations de l'écosystème lacustre s'est réalisé en plusieurs étapes :

1. Premier survol de la littérature se rapportant à la didactique en général et aux techniques d'étude qu'elle met au point pour traiter des représentations.
2. Etude de la littérature se rapportant à l'évolution du concept d'écosystème lacustre dans l'histoire et synthèse sous forme d'un "modèle épistémologique"<sup>1</sup>.
3. Choix des populations à étudier et mise au point d'un questionnaire nous permettant d'avoir une vision globale du profil et des connaissances des personnes interrogées.
4. Première forme de codage du questionnaire et premier traitement des réponses obtenues par des statistiques simples (moyenne,...) pour obtenir un aperçu des résultats.
5. Etude détaillée et synthèse de la littérature se rapportant à l'aspect didactique de notre travail.
6. Etude détaillée et synthèse, sous forme de "modèle didactique opérationnel"<sup>2</sup>, de la littérature se rapportant aux écosystèmes lacustres.
7. Utilisation du "modèle didactique opérationnel" pour effectuer une seconde forme de codage et un second traitement des questionnaires par des statistiques plus élaborées (A.F.C. et analyse de cluster).
8. Synthèse et critique de tous nos résultats.
9. Hypothèses quant à l'utilisation possible des résultats obtenus dans le cadre d'une gestion durable des écosystèmes lacustres.

En résumé, on peut dire qu'après avoir mis en lumière les notions essentielles devant permettre la compréhension du fonctionnement de l'écosystème lacustre (étape 6), nous avons voulu voir quelles sont celles que l'on peut retrouver dans les représentations des répondants (étape 7).

---

<sup>1</sup> Pour plus d'informations, voir pages 74 à 78.

<sup>2</sup> C'est-à-dire un modèle qui tente de faire le lien entre un savoir théorique établi et les représentations que peut s'en faire la population et ce en concevant le concept étudié comme une association d'attributs (nous expliquerons cette notion lorsque nous définirons la notion de concept, à la page 23) essentiels ou non. (4), (5)

Ensuite nous avons examiné s'il n'est pas possible de mettre en évidence quelques hypothétiques facteurs pouvant expliquer l'existence privilégiée de certaines notions et l'absence de certaines autres (étapes 2, 5, 7, 8).

Une fois ces hypothétiques facteurs connus, nous avons postulé qu'un travail sur ces derniers associé à un autre sur les représentations existantes peut aider les personnes à mieux assimiler les connaissances qui sont nécessaires pour traduire le fonctionnement de l'écosystème lacustre, cet accroissement du savoir devant lui-même permettre de comprendre la nécessité de la protection de cet écosystème et des moyens que l'on peut mettre en œuvre pour y parvenir (étape 9).

Ainsi, le citoyen responsable peut être à même d'aider le limnologue dans son effort pour préserver durablement ce bien que la Terre nous offre en partage.

## 1<sup>ère</sup> partie : Cadre théorique

### 1.1. Introduction : La présentation théorique : sa structure, son importance et sa finalité :

La présentation théorique qui va suivre a pour but non seulement de recenser les informations nécessaires à la réalisation du mémoire mais aussi et surtout de créer les outils qui nous serviront dans la partie méthodologique. Cette dernière ne sera donc que le résultat d'une réflexion développée tout au long du cadre théorique, et n'aura de sens qu'à travers et grâce à lui.

Pour atteindre les objectifs que nous nous fixons dans le cadre théorique, nous commencerons par faire un rapide survol des champs respectifs de la limnologie et de la didactique, puis nous essaierons de mettre en évidence l'intérêt d'une confrontation de ces deux domaines.

Nous expliciterons, ensuite, la notion de modèle et l'intérêt d'y avoir recours, puisque nous l'utiliserons par la suite comme outil de synthèse<sup>1</sup>, d'évaluation<sup>2</sup>, et de communication<sup>3</sup>. Après cela, puisque nous travaillerons spécifiquement sur le concept d'écosystème lacustre, il s'agira de définir les notions de concept, de système, d'écosystème et d'écosystème lacustre en nous efforçant, chaque fois, de synthétiser l'information sous la forme d'attributs essentiels<sup>4</sup>. Cela nous permettra de réaliser un modèle didactique opérationnel du concept d'écosystème lacustre. Celui-ci sera un outil d'évaluation des connaissances des répondants et correspondra aussi à un objectif de connaissances vers lequel devrait tendre la population.

Enfin, nous tenterons de décrypter l'évolution historique du concept d'écosystème pour en faire une présentation synthétique exprimée sous forme d'un modèle qui sera notre deuxième outil. Il devrait pouvoir nous venir en aide pour identifier quelques facteurs pouvant constituer des obstacles à l'évolution historique d'un concept depuis sa représentation première jusqu'à sa

---

<sup>1</sup> Synthèse de l'histoire et de la théorie se rapportant aux écosystèmes lacustres ainsi que de nos résultats.

<sup>2</sup> Evaluation des représentations des répondants, et modélisation de celles-ci en types particuliers.

<sup>3</sup> Communication avec la population grâce à un modèle de l'écosystème lacustre lui permettant de mieux appréhender le fonctionnement de ce dernier et de "combler" des lacunes, si nécessaire, pour lui permettre d'agir efficacement en faveur d'une perspective de gestion durable de ce type de milieu.

<sup>4</sup> Pour plus d'informations sur ce sujet, voir note 1 page 23.

formulation actuelle. Ensuite, on pourra établir un parallèle avec les obstacles que l'on peut rencontrer chez un individu et ainsi poser des hypothèses quant au dépassement de ceux-ci.<sup>1</sup>(6)

De cette façon, à la fin de la présentation théorique nous posséderons deux outils complémentaires. Le premier correspond à un critère de connaissances et nous servira à évaluer et à modéliser les conceptions des différents groupes étudiés. Le second nous permettra de mieux appréhender le passage d'une conception à une autre, pour autant qu'il y en ait plusieurs chez les personnes sélectionnées pour notre travail.

Quelques remarques avant d'entamer le cadre théorique proprement dit.

Puisque notre travail est réalisé sur les écosystèmes lacustres, nous tenterons, à chaque fois que nous donnerons un exemple, de l'y rapporter.

De plus, l'idée de gestion durable des écosystèmes, c'est-à-dire une gestion respectueuse permettant aux générations futures de pouvoir, elles aussi, bénéficier des dons offerts par la nature, sera constamment présente dans le cadre théorique. Nous y ferons donc souvent référence, sans pour autant préciser à nouveau pourquoi nous le faisons, pour éviter les redites un peu lourdes.

Enfin, nous voudrions signaler au lecteur qu'il n'est pas forcément nécessaire de lire la totalité des différents points de ce cadre qui est un peu long. En effet, toutes les notions que nous utilisons sont détaillées et cela de façon peut-être excessive pour certaines d'entre elles, dépendant de vos centres d'intérêt. Nous l'avons fait sciemment, dans l'espoir de rendre le plus clair possible notre propos.

Pour faciliter votre tâche, nous avons mis une ligne verticale dans la marge pour souligner les parties que nous voudrions que vous lisiez avec attention. Il s'agit de celles qui expliquent notre démarche et de celles qui nous serviront de base pour analyser nos résultats, lancer des hypothèses ou tirer des conclusions.

---

<sup>1</sup> Si ce point ne vous paraît pas clair, nous vous conseillons de vous reporter à la page 74 où cela est expliqué en détail.

## 1.2. Identification des domaines de recherche et intérêt de leur confrontation :

### 1.2.1. Champ de la didactique de la biologie :

Nous n'entrerons pas ici dans le débat de la distinction entre didactique, pédagogie et sciences de l'éducation. Nous dirons simplement que l'objet de la didactique, prise dans son ensemble, est controversé. Cela est dû à la fois à l'étendue de ses domaines de recherche mais aussi et surtout à son nom qui n'a pas le même sens selon qu'il soit entendu comme secteur de recherche, qu'il soit utilisé par des formateurs ou encore qu'il soit prononcé par des inspecteurs d'académies<sup>1</sup>. De plus, la didactique est une discipline jeune qui ne s'est fort développée que depuis le début des années 1980. (7)

On la divise en de nombreuses catégories comme la didactique générale applicable à l'acquisition des connaissances quelles qu'elles soient et des didactiques des disciplines, qui sont liées aux contenus. A l'intérieur de ces dernières, se trouve la didactique des sciences qui contient elle-même, entre autres, la didactique de la biologie<sup>2</sup>. Tous ces rameaux ont un fondement commun. Tout d'abord, ils se présentent comme une science appliquée ou directement applicable. De plus ils s'intéressent tous aux savoirs (évaluation des processus d'appropriation et surtout de "non-appropriation ", analyse des contenus) et se soucient également de la construction des compétences. (7), (8), (9), (10)

---

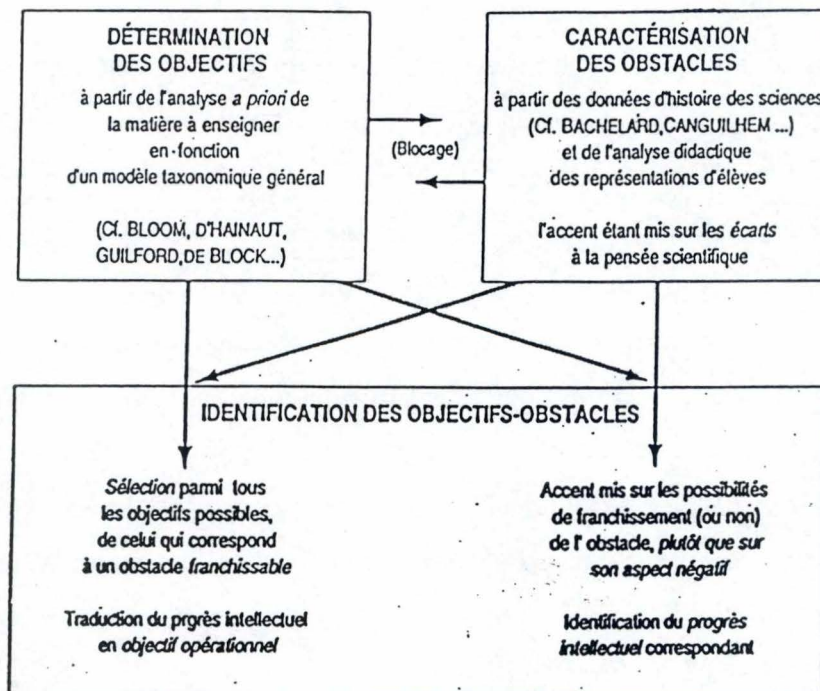
<sup>1</sup> Voir "Bonne définition de concepts" page 18.

<sup>2</sup> C'est à cette partie de la didactique que nous nous intéresserons plus précisément dans le cadre de ce travail. De plus, les définitions que nous donnerons concernant la didactique de la biologie seront tirées principalement de la littérature francophone qui privilégie généralement une approche constructiviste (ses outils fondamentaux sont l'épistémologie génétique qui montre qu'il existe des stades cognitifs que toute personne franchit lors de son développement et le développement proximal qui, grossièrement, montre qu'une personne peut réaliser une tâche plus complexe lorsqu'elle reçoit de l'aide que lorsqu'elle est seule pour la réaliser). Un autre courant, plutôt anglo-saxon, existe actuellement et s'appuie sur les données de la psychologie cognitive du développement qui s'intéresse aux mécanismes cognitifs sous-jacents à toute action et qui postule l'existence de traitements spécifiques permettant la réalisation d'une tâche précise (c'est elle qui a contribué en grande partie à la mise en évidence de l'existence d'une mémoire à long et à court terme par exemple). (11), (12), (13), (14)

Le courant anglo-saxon a une approche assez directive (mise au point d'exercices d'entraînement pour augmenter la capacité de synthèse des apprenants par exemple) et plutôt expérimentale, alors que l'école franco-suisse a une optique plus globale et est en général plus clinique. (11), (13), (14)

Nous ne nous positionnerons pas pour l'une ou pour l'autre puisque nous n'avons pas assez d'expérience pour le faire, et ce notamment concernant l'école anglo-saxonne.

Figure n°1 : (16)



Comme on le voit sur ce schéma, les notions d'objectifs et d'obstacles, d'abord perçues séparément, ont été assemblées pour former le concept d'objectif-obstacle. Cela permet de rendre plus positive la notion d'obstacle qui, alors, ne fut plus considérée comme un élément à détruire mais comme une aide possible pour réaliser un apprentissage. Ce nouveau paradigme rend plus dynamique la cohabitation de ces deux anciens concepts qui fonctionnent en "s'appuyant" l'un l'autre plutôt qu'en "s'affrontant".

Parmi les concepts clefs qu'utilise la didactique, citons celui de la transposition didactique, nom donné au processus par lequel un "savoir savant" se trouve transformé pour donner lieu à un contenu d'enseignement ou contenu d'apprentissage. Signalons aussi celui de la représentation ou (pré)conception, qu'on a déjà explicitée plus haut. Citons enfin celui de l'objectif-obstacle qui résulte de l'association de deux concepts plus anciens (*Voir figure 1*). Premièrement, celui d'objectif centré sur le comportement final et correspondant à la connaissance à acquérir par l'apprenant. Secondement, celui d'obstacle centré sur le processus cognitif et relatif à l'élément empêchant la compréhension. Cela permet de rendre compte du fait que les progrès intellectuels à obtenir par l'étudiant correspondent à des franchissements d'obstacles qui doivent donc être surmontés et non détruits, pour accéder aux concepts qu'on tente d'enseigner. La métaphore de l'athlète de saut en hauteur peut aider à mieux comprendre ce concept. Si le sportif considère l'obstacle qu'est le fil de manière négative, un peu comme s'il s'agissait d'une barrière infranchissable, il a peu de chance de passer au-dessus et risque donc de rester bloqué; de même s'il essaie de faire abstraction de sa présence. En le considérant comme un objectif à dépasser, il le transforme en un défi et cela l'aide à se motiver pour sauter plus haut. (7), (15), (16)

La didactique de la biologie utilise ces outils pour tenter d'appréhender les "objets" de la biologie, comme le concept d'écosystème lacustre qui est notre thème d'étude.

La didactique générale doit beaucoup aux théories piagésiennes qui consistent, notamment, en la recherche des structures de pensées invariantes dans la population (schèmes) et en la compréhension de leurs évolutions (stades). (7), (17)

Les expériences de Piaget montrent, entre autres, que l'évolution de la notion du temps dont nous parlerons ultérieurement, passe par plusieurs stades depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte. Ces stades indiquent des schèmes différents : (18)

Stade 1. Perception de la durée, avant même la prise de conscience du "moi".

Stade 2. Grâce à l'acquisition du langage, les données mémorielles de l'enfant parviennent à s'organiser. L'enfant parvient à distinguer la suite des jours et à ne plus confondre l'hier et le demain. Ainsi, l'avenir et le passé se distinguent mais la notion de présent reste difficile à établir.

Stade 3. Le spectacle de l'évolution de la nature montre à l'homme que le temps est aussi un élément extérieur à lui-même et à ses semblables. Il apprend alors à tenir compte du rythme de la nature.

On voit dès lors l'intérêt que peut recouvrir ce type d'approche quand il s'agit de comprendre les mécanismes qui sous-tendent l'appropriation d'un concept. Ainsi, grâce à l'exemple donné ci-

dessus, on sait qu'il est inutile de parler du rôle du temps dans l'écosystème lacustre avant que l'apprenant n'ait franchit le 3<sup>ème</sup> stade. (12)

L'épistémologie générale est aussi d'une utilité non négligeable pour les didactiques disciplinaires. Cette branche de la philosophie étudie la validité du discours scientifique, le mode d'établissement des faits, la nature des relations entre faits, théories et modèles. Elle accorde une place primordiale aux cadres théoriques (paradigmes) au cours de l'histoire des sciences.

Une épistémologie particulière, dite génétique, aide quant à elle, à mieux comprendre la manière qu'ont les apprenants d'intégrer l'information qu'ils reçoivent en faisant un rapprochement entre les obstacles socio-historiques à la progression des conceptions et les obstacles rencontrés chez l'individu<sup>1</sup>. (7), (19)

---

<sup>1</sup> C'est ainsi qu'à partir de notre deuxième outil (modèle épistémologique de l'évolution du concept d'écosystème lacustre), représenté sous la forme d'un schéma, nous tenterons de faire un parallèle avec l'épistémologie génétique en transposant des obstacles historiques au niveau de l'individu.

### 1.2.2. Champ de la limnologie, théorique et appliquée :

Au sens strict, la limnologie se limite à l'étude de plans d'eaux dormantes plus ou moins naturels et permanents, de taille variable (lacs, étangs, flaques d'eau...) et sans contact avec la mer. (20), (21)

C'est une forme d'écologie spécialisée qui s'apparente à l'océanologie, science des océans et de leurs frontières. Tout comme celle-ci, la limnologie développe non seulement l'étude des organismes vivants qui colonisent ces unités géographiques, mais conduit à comprendre les liens existant entre ces organismes, à en étudier l'évolution dans le temps et à en prévoir le devenir. (20), (22)

La compréhension du fonctionnement d'un lac impose aussi une connaissance suffisante des affluents dont il est tributaire et des émissaires<sup>1</sup> dans lesquels il se déverse. C'est ainsi qu'une définition plus générale de la limnologie inclut l'étude statique et dynamique de l'ensemble des eaux continentales<sup>2</sup>. (20), (21)

La limnologie que nous venons de présenter est la limnologie fondamentale. Elle s'occupe notamment de la compréhension des phénomènes observés, ce qui permet de construire une théorie directement ou indirectement applicable.

C'est sur ce terreau que croît une limnologie appliquée qui a essentiellement pour but de sauvegarder et d'utiliser les ressources aquatiques au profit de l'homme qui en a besoin pour son agriculture, son industrie, ses loisirs et sa consommation.

Les efforts qu'on réalisera pour protéger et exploiter durablement les lacs naturels ou artificiels seront d'autant plus efficaces que l'on prendra conscience de la nécessité de mieux connaître le fonctionnement dynamique de ces écosystèmes. En effet, l'action volontaire ou involontaire de l'homme sur certains facteurs écologiques<sup>3</sup> peut y induire des transformations irréversibles, bénéfiques ou dommageables. (20)

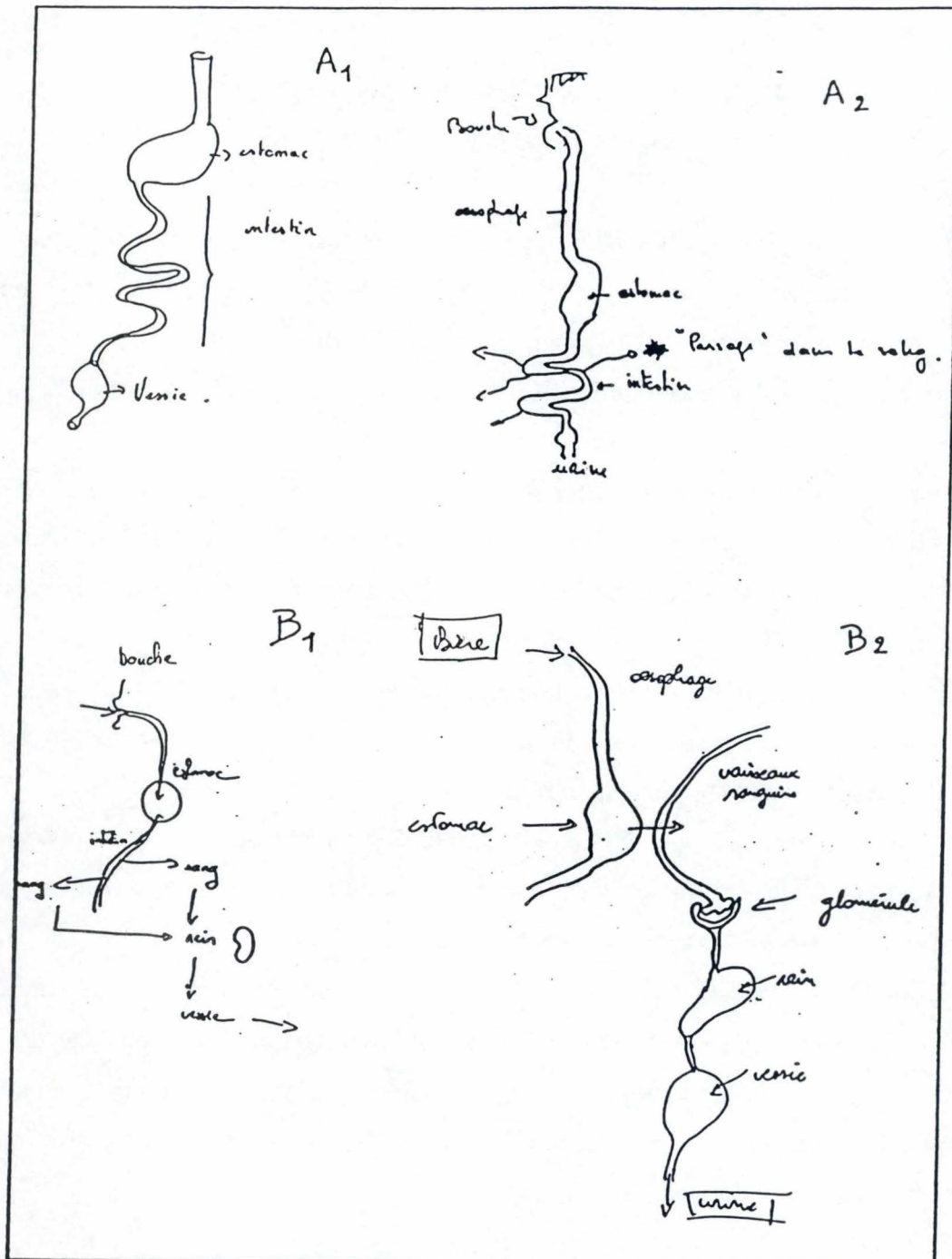
---

<sup>1</sup> Cours d'eau dans lequel se déversent les eaux d'un lac.

<sup>2</sup> Sont concernés par cette définition les lacs, les eaux courantes, souterraines et interstitielles.

<sup>3</sup> Pour plus d'informations sur ce sujet, voir page 30.

Figure n°2 : (25)



Ces dessins ont été réalisés par des moniteurs enseignant pour la première année dans des travaux pratiques de biologie à l'université. Ils sont titulaires d'un D.E.A dans une discipline de la Biologie, et sont en première année de thèse en bénéficiant d'une allocation de recherche du MRT (Ministère de la Recherche et de la Technologie).

Ces dessins montrent leurs conceptions concernant les relations entre digestion et excréation après qu'on leur ait demandé de réaliser le dessin montrant le trajet de la bière depuis l'ingestion, jusqu'à l'excrétion. A1 et A2 sont les "modèles types" des réponses de 50% des personnes interrogées. A = tuyauterie continue digestion-excrétion; B = dessin de 3 systèmes non continus : digestif, circulatoire et excréteur. Dans le cas A2 où le système sanguin est indiqué, l'étudiant pense souvent que seul l'alcool passe dans le sang, le reste du liquide continuant à circuler dans l'intestin.

### 1.2.3. Intérêt de la confrontation entre la didactique et la limnologie dans l'appropriation de concepts tels que celui d'écosystème lacustre et implications possibles :

A une époque où la science est partie prenante de la plupart des grands problèmes de gestion (énergie, démographie, eau, etc.), l'écart se creuse de plus en plus entre une minorité possédant le savoir...ou du moins quelques clefs du savoir scientifique et l'immense majorité des citoyens comme le prouve par exemple les conceptions "étonnantes" de doctorants en biologie, qui pourtant devraient être bien informés, concernant les relations entre système digestif et excréteur (*voir figure 2*). (1), (23), (24), (25)

Cela ne va pas sans conséquences culturelles ou sociales. Tout un chacun est susceptible d'être manipulé, à son insu, par l'usage des données scientifiques que font l'industrie, les pouvoirs publics, les médias et les scientifiques eux-mêmes. Il ne s'agit pas de distorsion mais de sélection, de filtrage, de mise en exergue ou, au contraire, de mise à l'écart de certains aspects des informations recueillies<sup>1</sup>. (1), (26)

Par exemple les médias, en règle générale, donnent la préférence aux énoncés univoques du type pour ou contre<sup>2</sup>, faciles à communiquer et à manier lors d'événements médiatiques comme des dossiers sur le prion ou les manipulations génétiques. De plus, "quantitativement, la surface occupée dans la presse par les questions scientifiques ou la politique de la science est très faible". (1), (26).

Le corpus scientifique, de son côté, est régulièrement consulté sur des problèmes de société. On compte sur les "données objectives" pour alimenter le débat public et permettre aux responsables politiques de résoudre avec "objectivité" les difficultés qui se posent. Or s'il est possible dans certains cas d'émettre des énoncés objectifs, les décisions (des scientifiques et des responsables) en revanche ne peuvent jamais l'être car elles impliquent toujours des choix<sup>3</sup>, des valeurs et des considérations éthiques. (1), (26)

<sup>1</sup> Voir "Bonne définition de concepts" page 18.

<sup>2</sup> Même s'il est vrai qu'il existe aussi, à côté de cela des écrits, des émissions télévisuelles et radiophoniques de grande qualité qui privilégient le débat et sont contre les positions trop facilement univoques.

<sup>3</sup> Ces choix sont d'autant plus difficiles à faire quand les scientifiques ont des intérêts financiers, comme des actions, ou un pouvoir (siège au conseil d'administration) dans les entreprises qui financent leurs travaux. "Des études faites dans le passé soulignent que la recherche financée de cette manière favorise parfois les produits du commanditaire" (27, p. 1). En outre, les résultats des travaux réalisés par des chercheurs impliqués de cette façon dans les entreprises connaissent parfois "une moins libre diffusion dans le circuit des revues savantes" (27, p. 1).

☞ *Suite de la note à la page suivante.*

Il importe aujourd'hui, alors que dans certains pays les deux tiers de la recherche sont financés par des entreprises<sup>1</sup> que l'on s'efforce de diffuser l'information scientifique afin d'encourager l'esprit critique de la population et d'obtenir que les résultats de la recherche soient mis au service de ses besoins vitaux. Si l'on veut revendiquer le régime démocratique, il est nécessaire que chaque citoyen développe "une conscience scientifique" incluant le scepticisme, le doute, la rigueur. (1), (3), (28), (29)

Quelques travaux ont déjà été réalisés en didactique sur l'intérêt d'un "partage des savoirs" entre scientifiques et citoyens concernant divers types d'écosystèmes liés à l'eau et sur les implications possibles qui peuvent en découler au niveau de la gestion et de la conservation de ces systèmes. (4), (30)

La didactique, comme étude des processus d'acquisition et de transmission des connaissances, devrait aider à réduire les difficultés liées à la communication entre le milieu de la recherche scientifique et ceux des acteurs de terrain et de la population. (4)

Certains pensent qu'il n'est pas utile de faire appel à la didactique et qu'il suffit de savoir, afin de résoudre tous les problèmes, quelles sont les connaissances nécessaires pour réaliser un objectif précis ! Ce serait une position simpliste. En effet, comme il a été dit plus haut, toute personne se fait une représentation intuitive de l'objet d'enseignement. Or, il a été démontré que celle-ci avait "la vie dure" et que le fait de ne pas la prendre en compte empêchait généralement un véritable apprentissage ou du moins qu'il restait une marge non négligeable entre le savoir théorique et le savoir appliqué. C'est ainsi que, par exemple, si l'on voit que 70% des Bruxellois et Wallons considèrent la lutte contre la pollution comme un problème immédiat et urgent, peu d'entre eux consentent à faire des efforts en ce sens<sup>2</sup>. (7), (23), (31)

Si la limnologie, théorique et appliquée, est la source même de la création des savoirs et de leurs applications, on voit ici que la didactique de la biologie appliquée aux écosystèmes aquatiques peut lui porter assistance. En effet, en favorisant la transformation du réseau

---

Il est à noter, enfin, que l'homme de science connaît généralement de nombreuses autres dépendances qui, bien que parfois utiles, ne simplifient pas sa tâche. Par exemple, " pour publier ses travaux, il lui faut trouver l'accueil d'une revue de niveau international et plaire à un arbitre qui conseille à l'éditeur d'en assurer la publication; pour mener à bien ses travaux, il lui faut trouver une institution d'accueil, un laboratoire, qui lui donne des moyens : locaux, instruments, bibliothèque, et pour cela plaire au chef du laboratoire." (1)

<sup>1</sup> "Aux Etats-Unis, par exemple, 62% de toutes les activités R&D ont été financées en 1996 par l'industrie, et plus de 70% d'entre elles ont été conduites par le secteur privé." (1)

<sup>2</sup> On pourrait argumenter et dire qu'il s'agit plutôt d'un conflit entre deux intérêts opposés (la "bonne" intention contre la passivité, toujours plus facile que l'action), mais nous prenons le parti de croire qu'il existe plutôt une différence entre une information reçue par les médias (la pollution est un problème) et une véritable compréhension de la conséquence des actes que l'on pose au niveau du fonctionnement de la biosphère.

conceptuel existant, elle contribue à l'appropriation des connaissances par le public en permettant une compréhension des raisons qui justifient la défense de l'environnement et en clarifiant l'intérêt d'agir en ce sens. Ceci est important, notamment pour les politiques qui ont la gestion de l'environnement dans leurs attributions. (30)

L'intérêt de la confrontation entre la didactique et la limnologie ayant été exposé nous allons tenter de mettre en évidence, d'une part, les notions qu'il est nécessaire de connaître pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes lacustres. D'autre part nous allons essayer de rassembler le plus d'éléments possibles qui pourraient, théoriquement, empêcher ou favoriser la connaissance des susdites notions.

Pour y parvenir nous allons, tout d'abord, analyser le concept d'écosystème lacustre de manière à en retirer les composantes qui nous semblent fondamentales pour pouvoir réaliser notre modèle didactique opérationnel.

Puis, nous allons tenter de déterminer les facteurs qui expliquent son évolution historique et synthétiser nos hypothèses sous forme d'un modèle épistémologique.

Il est à remarquer que pendant toute cette phase d'élaboration de nos modèles, nous allons aussi glaner un certain nombre d'autres facteurs potentiels, favorisant ou empêchant l'acquisition de notions, qui nous serviront peut-être par la suite. Nous les mettrons à chaque fois en évidence par une ligne verticale dans la marge gauche de la page.

Mais, avant toute chose, qu'entend-on par modèle ? En existe-t-il plusieurs types ? Si oui, quels sont ceux qui nous intéressent dans le cadre de ce mémoire ?

Nous répondons à ces questions dans le point suivant.

## 1.3. Création des outils nécessaires à la réalisation de notre mémoire :

### 1.3.1. Description des modèles et de leurs rôles particuliers dans le cadre de ce travail :

L'origine du concept de modèle est de nature technologique. En effet, celui-ci désigne d'abord la maquette qui reproduit, sous une forme simplifiée et miniaturisée, les propriétés d'un objet de grandes dimensions, qu'il s'agisse d'une architecture ou d'un dispositif mécanique par exemple. L'objet ainsi réduit peut être soumis à des mesures, des calculs et des tests physiques qui ne sont pas facilement applicables au réel. A partir de cette première définition, le terme a acquis de nombreuses significations. (32)

De façon générale, on peut dire que le modèle est un outil, concret ou abstrait<sup>1</sup>, avec une fonction précise permettant une action<sup>2</sup> sur un réel donné. Il existe donc virtuellement une infinité de types de modèles. (33), (34)

Quant à nous, nous tenterons de réaliser un modèle didactique opérationnel du concept d'écosystème lacustre, nous fournissant une vision synthétique de l'objet d'étude et un cadre de référence pour nous permettre d'évaluer la qualité des représentations<sup>3</sup> des personnes interrogées. Un autre modèle, de type épistémologique devra nous aider à trouver des voies possibles de passage de conception en conception jusqu'à une vision nous paraissant appropriée dans le cadre de la gestion durable d'écosystèmes.

Il s'agira de modèles transitoires, parmi d'autres, d'une réalité analysée. Ils seront fonction de choix réalisés dans le cadre d'une problématique précise. (34), (35)

La lisibilité des modèles étant déterminante, ceux-ci devront être suffisamment simples pour que leur pouvoir explicatif soit satisfaisant. En effet, plus un modèle est complexe, plus il est difficile d'identifier clairement le rôle de chaque élément. (32).

Dans le point suivant, nous réalisons, l'analyse proprement dite du concept d'écosystème lacustre.

---

<sup>1</sup> Le modèle recouvre toute représentation d'un système réel, qu'elle soit mentale ou physique, exprimée sous forme verbale, graphique, mathématique ou autre. (35), (36)

<sup>2</sup> Le modèle peut avoir un caractère descriptif, représentatif, explicatif, synthétique, interprétatoire, prédictif, décisionnel, exploratoire, heuristique, définitionnel, vulgarisateur... (4), (32), (34), (35), (36)

<sup>3</sup> Qualité évaluée en fonction de notre objectif de base, c'est-à-dire une vision nous paraissant correcte dans une perspective de gestion durable des écosystèmes lacustres.

## 1.3.2. Le concept d'écosystème lacustre :

### 1.3.2.1. Définitions :

#### Nous suivrons ici le schéma suivant :

De quoi va-t-on parler ?

D'un concept ..... § 1.3.2.1.1., pages 18 à 25

De quel type de concept ?

D'un concept de système ..... § 1.3.2.1.2., pages 25 à 27

De quelle classe de système ?

De la classe des "éco-systèmes" ..... § 1.3.2.1.3., pages 27 à 51

De quelle sorte d'écosystème ?

D'écosystèmes lacustres ..... § 1.3.2.1.4., pages 52 à 72

Comme on le voit, le concept d'écosystème lacustre à une structure particulière. Il doit satisfaire tout à la fois aux attributs clefs<sup>1</sup> des notions de concept, de système, d'écosystème et d'écosystème lacustre. Nous allons donc définir de façon précise ces différentes notions pour en retirer leurs attributs clefs et former ainsi, au fur et à mesure notre modèle didactique opérationnel.

#### 1.3.2.1.1. Le concept :

##### A) "Bonne définition de concept" :

Nous allons définir ici une série de concepts. Ces définitions sont extraites de la littérature. Ce sont donc des formulations toutes relatives. Nous les reprenons ici telles quelles, sans en faire la critique. Tout juste, signalerons-nous quelques faits à prendre en considération.

Le lecteur s'apercevra rapidement qu'il n'existe pas, à proprement parler, de "bonne définition", mais seulement de "bonne définition pour un usage, une personne et un moment particulier" comme nous allons tenter de le montrer ici.

<sup>1</sup> Pour plus d'informations sur ce sujet, voir note 1 page 23.

Lorsque l'on définit un concept on doit prendre en compte le fait :

- qu'une définition de concept doit être limitée<sup>1</sup>.

Cela ne va pas sans difficultés comme on a pu le voir avec la notion de didactique<sup>2</sup> qui a du mal à trouver ses repères ou de limnologie<sup>3</sup> et de climax<sup>4</sup> qui peuvent être définis de façon stricte ou élargie. Les normes d'un objet scientifique sont sources de nombreux problèmes pour les chercheurs eux-mêmes et pour la population en général. De nombreux conflits d'intérêt divers entrent ici en jeu, si bien que plusieurs normes coexistent pour un même objet, personne ne voulant abandonner ou changer son point de vue. Quand un plan d'eau a-t-il le statut de lac<sup>5</sup> ? Quand un lac devient-il un grand lac<sup>6</sup> ? Lorsqu'une personne dit d'une eau qu'elle est saumâtre<sup>7</sup>, cela n'a de sens que si elle précise la norme à laquelle elle fait référence<sup>8</sup>, ce qui est rarement le cas dans les revues de vulgarisation. Peut-être d'ailleurs trouve-t-elle de bonnes raisons pour ne pas le dire... Après tout, les maisons d'édition de publications spécialisées doivent vendre pour subsister et contenter leurs lecteurs sans trop heurter leurs convictions<sup>9</sup>.

- qu'il existe le problème des homographes.

Les homographes sont des mots dont l'orthographe est la même mais qui ont des sens différents comme c'est le cas pour didactique/didactique/didactique<sup>10</sup>, salinité/salinité<sup>11</sup> ou

---

<sup>1</sup> Même si cette limite est la non limite, comme c'est le cas pour le concept d'espace.

<sup>2</sup> Voir page 10.

<sup>3</sup> Voir page 13.

<sup>4</sup> Classiquement, le climax est défini comme le terme final de l'évolution progressive de la végétation, dans l'hypothèse où celle-ci est à l'abri de toute action perturbatrice ou destructrice. Cette définition a ensuite été appliquée à l'ensemble de l'écosystème. (37)

<sup>5</sup> "En langue française, une confusion règne en limnologie par la suite de l'existence de deux substantifs similaires qui ont été d'abord employés indifféremment puis ont pris chacun un sens particulier, les termes lac et étang." (38, p. 124)

De plus, un bon nombre de lacs devraient "être appelés étangs et réciproquement un certain nombre d'étangs être dénommés lacs. L'usage, avec la complicité des géographes, a remplacé la logique et le bon sens a parfois perdu ses droits." (38, p. 125)

<sup>6</sup> Voir note 2 page 67.

<sup>7</sup> Voir page 59.

<sup>8</sup> L'idéal étant de préciser la limite inférieure et supérieure de l'ensemble des normes existant pour un objet, permettant ainsi la comparaison et relativisation des conclusions tirées.

<sup>9</sup> Voir page 14.

<sup>10</sup> Voir page 10.

<sup>11</sup> Voir page 59.

temps/temps<sup>1</sup>. Ils peuvent créer des confusions et des quiproquos chez les personnes qui tentent de diffuser une information ou une réflexion, que ce soit par voie écrite, orale ou télévisuelle. Là aussi il est nécessaire de dire sous quel angle on se place.

- qu'il y a aussi le cas des dénominations multiples.

C'est le cas notamment pour les notions de temps et d'espace<sup>2</sup> où l'on emploie souvent les unes ou les autres sans discernement. Ainsi le concept de milieu, introduit dans de nombreux textes scientifiques, présente une large variabilité de significations, sans faire l'objet d'une définition précise ce qui peut induire des confusions. (15)

- qu'il est aussi nécessaire, à une époque où bon nombre de textes scientifiques sont écrit en anglais, de parler des problèmes de traduction et de version.

Ces deux pratiques peuvent générer des pertes d'information ou même des malentendus.

<u>Anglais :</u>	<u>Traduction :</u>			
Pond	Bassin	<b>Étang</b>		<b>Mare</b>
Pool		<b>Étang</b>	<b>Flaque</b>	<b>Mare</b>
Puddle			<b>Flaque</b>	

Lorsqu'on lit "pool", doit-on l'entendre comme étang, flaque ou mare ? Si l'on parle d'un étang, doit-on le traduire par "pond ou pool" ? Même si le contexte peut souvent nous aider à surmonter ces difficultés, ce n'est pas toujours le cas et les contresens existent. Ainsi "community" (communauté, en français) est parfois utilisé dans le sens de peuplement chez les Anglo-saxons. Or communauté et peuplement ne représentent pas du tout la même chose<sup>3</sup>! Comment faire la différence ? (21)

- que toute définition est donnée à un certain niveau de formulation.

Il n'est en effet pas possible de définir un objet de façon identique selon qu'on soit en présence d'un enfant ou d'un adulte par exemple et cela parce que le savoir ne résulte pas

<sup>1</sup> Voir "Le temps, la durée, l'instant, le cycle et l'irréversibilité", page 44.

<sup>2</sup> Voir "Le temps, la durée, l'instant, le cycle et l'irréversibilité", page 43 et "L'espace, l'étendue, la limite et la finitude", page 39.

<sup>3</sup> Communauté est un synonyme de biocénose et le peuplement correspond à l'ensemble des populations de diverses espèces peuplant un même habitat, qui appartiennent au même groupe systématique et qui présentent des comportements similaires, en particulier sur le plan trophique. (21)

d'une simple addition de connaissances mais d'une véritable réorganisation du réseau cognitif existant. Toute notion est en fait un nœud dans une trame conceptuelle qui permet d'appréhender le réel. Les éléments de savoir pris isolément n'ont pas de signification, seule leurs interactions permettent de les rendre signifiants. Il faudra donc tenir compte du réseau cognitif existant chez une personne pour qu'elle puisse y insérer de nouvelles notions. Ainsi un enfant ne pourra pas comprendre le cycle de l'eau avant d'avoir appris les différents états possibles de celle-ci.

De plus, les connaissances ne sont opérationnelles que si l'on sait maîtriser le niveau de formulation qui répond au problème posé et si l'on sait changer de niveau de formulation pour pouvoir dialoguer avec une personne d'un autre niveau. Dans le cas de l'écosystème lacustre qui nous intéresse, la "bonne" définition sera celle qui correspond au niveau de formulation opérationnel compréhensible par la majorité. Elle ne doit être ni trop simpliste ni trop complexe. (15), (16)

- qu'il est nécessaire, dans le cas d'une définition scientifique, d'évacuer au maximum la part de subjectivité

Cela est dû au fait qu'il faut la rendre le moins équivoque possible puisque qu'elle est susceptible de servir de norme pour des actes techniques qui se doivent d'être efficaces, ce qui ne laisse donc pas la place, ou du moins très peu, à la subjectivité.

Le concept d'écosystème lacustre, du moins tel que nous l'entendons, répond à cette définition. Nous détaillerons ce point plus bas, lorsque nous caractériserons les concepts de type scientifique. (16)

- que toute définition a une incidence sur le comportement de la population qui l'acquiert. En effet, elle sert à organiser le monde qui nous entoure. Cela n'est pas sans conséquence aux plans politique, économique, scientifique et social comme on pourra le remarquer par la suite avec des exemples tels que la biodiversité<sup>1</sup>, l'eutrophisation<sup>2</sup> et la finitude<sup>3</sup>. Il se peut donc dans ce cas que la 'bonne définition' soit celle qui induise le 'bon comportement'. Ainsi, dans ce travail, a-t-on privilégié l'angle de la gestion durable et donc les éléments qui vont en ce sens.

---

<sup>1</sup> Voir pages 31 et 32.

<sup>2</sup> Voir page 57.

<sup>3</sup> Voir pages 41 et 42.

- qu'une définition, enfin, n'est souvent valide que pour un certain laps de temps.

Une fois acceptée par le plus grand nombre, il faut tenir compte du fait qu'elle sera ensuite souvent complétée ou modifiée jusqu'à même changer parfois de sens, en fonction du progrès des connaissances ou des glissements sémantiques. Malheureusement les versions les plus anciennes ne cessent pas d'exister du jour au lendemain. Il faut parfois plusieurs générations avant qu'elles aient entièrement disparu<sup>1</sup>. Cela crée des conflits entre les personnes et chez un même individu au cours du temps. Prenons l'exemple du climax encore souvent associé à la notion d'équilibre ou de stabilité avec l'idée supplémentaire d'une immuabilité. De nombreux détracteurs de cette définition du concept existent aujourd'hui alors qu'on s'intéresse de plus en plus au fonctionnement des écosystèmes loin de l'équilibre<sup>2</sup>. Il ne faut d'ailleurs pas aller si loin. En effet, la notion de climax d'origine américaine était et est toujours utilisée avec le double sens de point culminant et de gradation d'un processus en langue anglaise. Ce dernier sens n'a pas de rapport avec l'idée d'équilibre que suggère la définition francophone. (37), (39), (40)

Selon certains, le climax serait simplement le nom qu'on a cru pouvoir donner aux passages où le flux est assez lent pour donner à l'homme l'illusion de la stabilité. Il n'existe d'équilibre que relatif, local et temporaire (37), (41)

Faut-il remiser la notion de climax au magasin des idées autrefois fécondes mais aujourd'hui révolues ? Certains ne sont pas loin de le penser<sup>3</sup>, plus peut-être parmi les géographes et les biologistes que dans les autres professions concernées par cette problématique. D'autres soulignent au contraire, l'usage utile qui peut être fait de ce concept. (37)

Dans l'étude qui nous occupe, est-il exact de parler d'un climax pour un lac alors qu'une fois cet état atteint, il n'en est plus un ?

---

<sup>1</sup> Parfois même ne disparaissent-elles pas quand elles sont associées à des convictions religieuses, sociales ou politiques.

<sup>2</sup> On pense qu'il y a une large dépendance des forces aléatoires (stochastiques). La dynamique de l'écosystème est donc dirigée par des perturbations et des variables plutôt que par des constantes. Les théories de non-équilibre suggèrent que le développement des écosystèmes n'est pas linéaire et est largement influencé par les perturbations catastrophiques discontinues et donc largement imprévisibles avec des chemins multiples de développement. De tels systèmes semblent fonctionner dans un irrégulier jaillissement depuis un état métastable jusqu'à un autre. Chaque jaillissement résulte en la transformation du système plus loin que l'équilibre. (40)

<sup>3</sup> Comme le montre cette citation : " Le climax peut apparaître comme un état mythique, un équilibre introuvable dont la conception relèverait de la nostalgie d'une nature inviolée. En fait, on peut sans doute le considérer comme la mécanique classique considère le mouvement d'inertie : c'est-à-dire comme une fiction théorique autour de laquelle on peut construire un modèle intelligible de la réalité de sorte qu'il suffit d'ajouter ensuite "les perturbations", dont on a fait initialement abstraction pour retrouver les phénomènes observables" (15, p. 3).

Comme on a pu le voir ci-dessus, une définition cache derrière elle de nombreux éléments qu'il est utile d'avoir à l'esprit. Elle n'est ni simple, ni univoque, ni impartiale. Sachant cela, définissons la notion de concept le mieux possible, en tentant de répondre aux attentes de chacun... et aux nôtres !

## B) Définition de la notion de concept :

On s'accorde généralement à reconnaître qu'il y a essentiellement, dans l'être humain, deux modes de connaissances de la réalité, l'un portant sur le singulier, c'est-à-dire le concret, l'autre sur le général qui n'atteint le réel qu'au travers des déterminations de caractères abstraits. Le premier mode caractérise la conception, le second la connaissance par concepts. (6)

La définition la plus large du concept est de type linguistique. Le concept y est divisé en 3 dimensions. La première est l'étiquette, mot désignant une pensée abstraite et correspondant au signifiant. Elle n'est pas isolée mais désigne une liste d'attributs<sup>1</sup> qui permettent de distinguer une idée d'une autre. Cette deuxième dimension équivaut donc au contenu du signe linguistique ou signifié. Les attributs sont susceptibles d'être appliqués à des exemples qui montrent ce à quoi renvoie le signe linguistique. Ce sont les référents et ils constituent la troisième dimension. (16), (39), (42)

<sup>1</sup> Nommer un objet fait appel à un processus de discrimination. Ainsi, on dira "chaise" lorsqu'on verra un meuble qui possède : (43)

- Des pieds (4, le plus souvent)
- Une surface plus ou moins horizontale permettant de s'asseoir
- Un dossier permettant de reposer le dos.
- Pas d'accoudoirs.

Ces différents éléments qui ont permis de placer l'objet dans la classe "chaise" sont appelés attributs essentiels. (42)

D'autres caractéristiques pourront servir à décrire cette chaise mais non à la définir, comme la présence : (44)

- De pieds tournés en torsade
- De traverses en H pour maintenir les pieds
- De garnitures fixes en velours sur l'assise et le dossier.

Ce sont les attributs non essentiels. (42)

Chaque attribut peut avoir des valeurs différentes, comme des pieds en noyer ou en chêne, une garniture de dossier brune ou bleue, etc. (42)

Ainsi, quand on apprend un concept, on apprend aussi à reconnaître et à distinguer les attributs qui le spécifient. On étudie aussi la relation existant entre ces attributs. On nomme ce groupement d'attributs par une étiquette arbitraire comme dans le cas du mot "chaise". (42)

Il est à noter que le caractère essentiel d'un attribut n'est en aucun cas absolu. Ainsi si l'on dit "chaise XVII<sup>ème</sup>", les 3 attributs non essentiels cités ci-dessus deviennent essentiels puisqu'ils caractérisent les chaises de cette époque. De même les valeurs des attributs auraient pu elles-mêmes devenir des attributs essentiels si elles avaient été des éléments caractéristiques des "chaises XVII<sup>ème</sup>". (44)

Ces trois dimensions du concept ne vont pas forcément de pair. Il est fréquent qu'une personne connaisse le vocabulaire spécifique d'une discipline sans disposer pour autant des idées qu'il représente. De plus, l'individu n'est pas toujours en mesure de dissocier le concept du ou des quelque(s) exemple(s) qu'il connaît et d'en généraliser la portée. (16)

Le concept est aussi, pour autant qu'on envisage des concepts de type scientifique, un outil intellectuel, qui se veut objectivé et qui établit entre des phénomènes une relation suffisamment générale et invariante pour autoriser la prévision des résultats ou des effets. (16)

Du point de vue épistémologique, un concept scientifique a pour propriétés : (16)

- d'être chargé d'un sens le plus univoque possible, contrairement aux concepts linguistiques, qui sont plus fréquemment équivoques et polysémiques.
- d'être un outil visant à expliquer la réalité et d'être un instrument de théorie efficace pour l'interprétation des phénomènes. Il offre ainsi la possibilité de développement et de progrès du savoir.
- de ne pas pouvoir varier dans ses attributions sans rectification de sa compréhension puisqu'il est un outil discriminatif.
- de toujours fonctionner en relation avec d'autres concepts théoriques et techniques. Il est un nœud dans un réseau de relations, cohérent et organisé, et non un élément disposé à côté d'autres, par simple juxtaposition. Ainsi la formulation d'un nouveau concept peut révéler des contradictions, permettre de formuler différemment des questions dans d'autres domaines.

Résumons ce qui a été dit dans ce dernier point sous forme d'une liste d'attributs essentiels de la notion de concept.

C) **Attributs essentiels de la notion de concept<sup>1</sup> :**  
(scientifique)\*

1.	<b>Étiquette</b>
2.	<b>Attributs</b>
3.	<b>Référents</b>
4.	<b>(En relation avec d'autres concepts scientifiques ou techniques)*</b>
5.	<b>(Outil discriminatif)*</b>
6.	<b>(Sens le plus univoque possible)*</b>
7.	<b>(Objectivité)*</b>

Il est à noter :

- que "attribut" est lui-même un attribut essentiel de la notion de concept puisque tout concept doit en contenir au moins un pour exister.
- que les attributs 4 à 7, qui sont entre parenthèses et marqués d'un astérisque, ne sont valables que pour les concepts de type scientifique.

Si notre "contrat" a bien été rempli, la liste des attributs présentés ci-dessus doit être suffisante pour définir un concept sans équivoque possible. Puisque nous estimons que cela est le cas, passons au concept de système. Recherchons, pour ce faire ses particularités.

**1.3.2.1.2. Le système :**

**A) Définition du concept de système :**

Un système correspond à un ensemble d'éléments<sup>2</sup>, considérés eux-mêmes comme des sous-systèmes, qui interagissent entre eux et éventuellement avec le milieu extérieur. Du système émerge une entité globale nouvelle aux propriétés non entièrement prévisibles à partir de celles de ses éléments constitutifs<sup>3</sup> et ce par le fait même des interactions existantes entre les différents objets le composant. (35), (39), (45)

Les différents éléments dont on parle ci-dessus peuvent être répartis en classes. Chacune de celles-ci est définie par un ensemble de caractéristiques, plus ou moins nombreuses selon la

<sup>1</sup> Nous vous conseillons, si vous voulez avoir une vision plus globale de l'intérêt de ce tableau, de regarder le tableau n°3 qui figure à la page 72. Cela vous permettra peut-être aussi de mieux comprendre ce vers quoi nous tendons actuellement.

<sup>2</sup> Parmi ceux-ci on trouve des réservoirs, ou éléments de stockage, qui ont un rôle de tampon dans le système, comme le sédiment d'un lac qui "conservent" les nutriments lorsqu'ils sont en excès et les "libère" lorsqu'ils sont en faible concentration dans le milieu aquatique. (46)

<sup>3</sup> Cela correspond au principe d'émergence (le tout est plus que la simple somme de ses parties).

finesse de la description souhaitée, auxquelles doivent satisfaire les objets qu'elles contiennent. Il existe bien entendu un lien entre ces caractéristiques et le comportement des éléments ainsi définis. Par exemple, un écosystème constitue un système biologique dont les objets sont notamment des organismes vivants très divers. Ceux-ci peuvent être distribués en classes, chacune ne comportant à un instant donné que les organismes munis des mêmes propriétés dans l'écosystème considéré. (47)

De plus, par suite des interactions auxquelles ils participent, les éléments d'un système peuvent subir des transformations et passer successivement dans diverses classes d'équivalence. On dira alors que l'on a affaire à un système de transformation. Selon les dispositions relatives des classes et des liaisons entre elles, l'évolution d'un système peut se traduire par une occupation permanente pour certaines catégories alors que d'autres ne seront occupées que de manière transitoire. (47)

Le système dans sa globalité peut être, quant à lui, ouvert ou fermé selon qu'il soit ou non en interaction avec son environnement. Ces notions d'ouverture et de fermeture sont relatives. Elles dépendent "des éléments et des relations considérés et du point de vue de l'observateur"(48, pg. 46). (49), (50)

Une fois qu'un système biologique est délimité, il manifeste une dépendance interactive vis-à-vis de composants extérieurs qui constituent son environnement. Il n'est donc pas fermé sur lui-même. Il est à noter que tout processus apparaissant dans un système ouvert est, par définition, irréversible. L'irréversibilité sera donc concomitante à celle d'ouverture. (39), (49), (50)

De plus, un système peut être stable ou instable. Il est stable ou en équilibre dynamique lorsqu'il conserve ses propriétés malgré les interactions avec l'environnement et les modifications internes qu'il peut subir. Cela est dû à la présence de systèmes de régulation. Si le nombre d'éléments dans chacune des classes qui restent occupées est constant, on a un équilibre stationnaire. La stabilité n'est cependant pas incompatible avec la variation. En effet, un tel système peut osciller autour d'une position d'équilibre appelé alors un équilibre oscillatoire. L'instabilité peut, quant à elle, mener vers la désagrégation ou vers une structuration plus complexe du système. (45), (47), (50)

Les propriétés propres aux systèmes étant recensées, on va pouvoir, comme pour le concept, synthétiser tout cela sous forme d'attributs, toujours dans le but final de créer un modèle didactique théorique de la notion d'écosystème lacustre.

## B) Attributs essentiels du concept de système :

Dans le tableau qui suit, on relève des attributs qui sont propres à la notion de système (attributs 2 à 7) et d'autres qui ont déjà été cités lorsque l'on a parlé de la notion de concept (attributs 1, 9, 10, 11, 12). C'est logique puisque le "concept de système" est d'abord un "concept" avant d'être un "système".

Le même raisonnement sera respecté pour le concept d'écosystème, que nous traitons au point suivant ainsi que pour celui d'écosystème lacustre. On retrouvera donc dans le tableau de synthèse du concept d'écosystème, en plus des particularités propres aux écosystèmes, les attributs du concept et ceux du système.

1.	Étiquette
2.	Sous-systèmes en interaction et répartis en classes selon les besoins de l'étude (fonctionnelle, descriptive, ...)
3.	Propriétés d'émergence
4.	Environnement pouvant connaître des interactions avec les sous-systèmes
5.	Ouvert (irréversible) ou fermé (réversible ou irréversible)
6.	Système de transformation ou non
7.	Système stable (en équilibre dynamique, stationnaire ou oscillatoire) ou instable (menant vers une désagrégation ou une structuration plus complexe)
8.	Référents
9.	(En relation avec d'autres concepts scientifiques ou techniques)*
10.	(Outil discriminatif)*
11.	(Sens le plus univoque possible)*
12.	(Objectivité)*

### 1.3.2.1.3. L'écosystème :

#### A) Description succincte de ce qu'on entend généralement par écosystème :

##### A.1.) Introduction :

Le terme d'écosystème peut être appliqué à des biocénoses et environnements d'extensions très diverses auxquels on ajoute alors dans l'ordre croissant d'importance le préfixe micro-, méso-, macro-. (51), (52)

L'écosystème forme une unité écologique fonctionnelle, liée aux structures spatiales et temporelles qui caractérisent les flux d'énergie et les cycles biogéochimiques entre ses divers

constituants. Cette unité est relativement autonome et douée d'une certaine stabilité. Il est donc possible, d'en analyser la structure et le fonctionnement. (52), (53), (54), (55)

Ce fonctionnement peut s'inscrire dans un état d'équilibre, appelé climax<sup>1</sup> ou la biomasse produite est égale à la quantité consommée<sup>2</sup>, décomposée et minéralisée. Il peut au contraire intervenir dans une dynamique évolutive de l'écosystème dont la composition se modifie au cours du temps car une partie de l'énergie fixée est stockée dans l'écosystème. Dans une forêt en croissance, par exemple, un incrément de bois s'ajoute chaque année à la biomasse initiale. Dans les tourbières, un humus peu décomposé ajoute chaque année une couche de tourbe à celles des années précédentes. Dans un lac, une certaine quantité de sédiments se dépose, dépendant du fonctionnement du lac et des apports qu'il reçoit. La proportion de matière organique morte par rapport à la matière vivante peut ainsi devenir parfois considérable. (39), (53)

Les écosystèmes ont des fonctions que l'on ne peut pas remplacer à un prix raisonnable et qui sont essentielles pour l'homme. Les écosystèmes aquatiques en particulier fournissent des biens comme l'eau d'irrigation et de boisson, les poissons, l'hydroélectricité et les ressources génétiques. Ils procurent aussi aux sociétés humaines des services écologiques gratuits dont l'importance économique pourrait être considérable. Il s'agit notamment du contrôle du flux d'eau, de la dilution et de l'évacuation des déchets, du cycle des nutriments, du cycle de l'eau et des matières organiques, du maintien de la qualité de l'atmosphère, de la régulation du climat et ce notamment par la séquestration du carbone, du maintien de la biodiversité, de la fourniture en habitats aquatiques, de l'utilisation en corridor de transport, de l'emploi et des loisirs qu'ils génèrent, etc. (56), (57) Ne pas prendre en compte ces évidences peut coûter très cher comme le montre bien l'exemple de la ville de New-York qui a toujours été reconnue pour la qualité de son eau, si pure qu'on la vendait dans toute la région. Elle devait sa qualité au système naturel d'épuration des Catskills Mountains. Or, cet écosystème ayant été dégradé par des pollutions diverses (d'origine agricole notamment), il ne jouait plus son rôle. Si bien qu'à la fin des années 90, l'eau new-yorkaise était devenue imbuvable. La municipalité envisagea alors de se doter d'une station de traitement des eaux dont le coût fut évalué entre 6 et 8 milliards de dollars, sans compter les 300 millions de dollars de frais annuels de fonctionnement. Un coût exorbitant pour un service qui avait toujours été gratuit ! La ville a choisi en fin de compte de restaurer l'environnement dégradé, ce qui ne lui coûtera "qu'un milliard". (58)

---

<sup>1</sup> Voir "Bonne définition de concepts" page 18.


<sup>2</sup> La productivité nette, c'est-à-dire la différence entre la productivité d'assimilats par photosynthèse et tout ce qui est perdu par respiration tant des plantes que des animaux et micro-organismes, y est égale à 0

Les écosystèmes fournissent aussi une bonne part des emplois dans le monde. L'agriculture, la foresterie et la pêche se répartissent plus de 50% du travail dans le monde et jusque 70% en Afrique sub-saharienne, en Asie et dans le pacifique. (66)

Les écosystèmes nourrissent aussi notre esprit, inspirent les religions, sont source de loisirs, d'harmonie, de paix et de beauté. (53), (58)

L'écosystème peut schématiquement être défini par l'équation : (21), (37), (39), (52), (53), (54), (55), (58), (59), (60), (61), (62), (63)

$$\text{Écosystème} = \text{biotope} \otimes \text{biocénose}$$

  
Unité de fonctionnement

Le biotope est un environnement physico-chimique, abiotique, spécifique d'une biocénose. (21) (39), (52), (60), (62) Il a, comme on le verra plus loin, une dimension spatio-temporelle définie.

La biocénose est la communauté de vivants associés à un biotope précis et caractéristique de celui-ci. (21), (39), (52), (53) Elle est affectée d'une variation saisonnière qui caractérise sa structure temporelle. Elle se répartit en outre dans l'espace en organisant à la fois une structure verticale et une structure en plan. Elle a aussi une structure trophique, définie par les interactions entre les espèces et avec le milieu (niveau trophique des producteurs, consommateurs, décomposeurs). (21), (39), (52), (53)

⊗, ou produit tensoriel, désigne en mathématique "l'ensemble des interactions de chaque élément avec chaque autre, dont il résulte un opérateur ayant des propriétés globales particulières"(39, pg.2), nouvelles par rapport à celles des éléments en interaction. Ces interactions ne sont pas statiques mais dynamiques et peuvent se résumer sous forme de facteurs écologiques qui correspondent à tout élément du milieu susceptible d'agir directement sur les organismes vivants durant au moins une phase de leur cycle de développement. Par leurs valeurs, les facteurs écologiques conditionnent le développement de toute entité écologique depuis l'individu jusqu'à l'écosystème tout entier. Dans la nature, un facteur écologique n'agit jamais seul et d'autres interfèrent avec son influence. L'écologie distingue les facteurs abiotiques, biotiques et trophiques, qui seront détaillés plus loin. (21), (55)

Il existe d'autres facteurs qui sont un mélange de plusieurs catégories citées ci-dessus (naturalité et capacité d'auto-épuration d'un lac par exemple<sup>1</sup>). Il y en a aussi qui sont complètement différents et pourtant essentiels : l'espace et le temps.

Tout facteur écologique est susceptible, à un moment ou à un autre, et dans certaines circonstances, de se comporter en facteur limitant. Soit il est absent, soit il est si proche de son minimum ou de son maximum critique qu'une infime variation peut le lui faire franchir, atteignant alors un seuil fatal où la vie d'une espèce ou de toute une communauté vivante n'est plus possible<sup>2</sup>. (39), (55)

Nous évoquons, dans le point A.2., de façon un peu plus détaillée les divers facteurs que nous venons d'introduire.

## A.2.) Les différents facteurs écologiques :

### A.2.1.) Les facteurs abiotiques :

Les facteurs abiotiques correspondent à l'ensemble des facteurs physico-chimiques et morphologiques du milieu. Ils sont eux-mêmes divisés en facteurs climatiques dans lesquels on retrouve l'éclairement, la température, les apports météoriques<sup>3</sup>, le vent, la pression atmosphérique, l'ionisation de l'air, les champs électriques, etc., et en facteurs non climatiques scindés eux-mêmes en trois classes que sont les facteurs édaphiques, les facteurs hydrologiques et les facteurs topographiques. (21), (39), (55)

Les facteurs édaphiques sont caractéristiques des sols. On y retrouve la texture, la structure, la composition minérale, etc. (21), (39), (55)

Les facteurs hydrologiques sont spécifiques du milieu aqueux. Ils correspondent notamment à la densité et à la viscosité de l'eau, à son acidité, à sa teneur en gaz dissous et en sels minéraux, à sa salinité, au courant, aux dénivelés, etc. (21), (39), (55)

Les facteurs topographiques sont liés aux dimensions physiques du milieu comme l'orientation, l'altitude, la profondeur, le relief, etc. (21), (39), (55)

---

<sup>1</sup> Voir pages 69 et 70.

<sup>2</sup> Pour voir en quoi temps et espace peuvent être des facteurs limitants, se référer, par exemple, aux pages 37 et 39.

<sup>3</sup> Voir page 64.

## A.2.2.) Les facteurs biotiques :

### A.2.2.1.) Généralités :

Les facteurs biotiques correspondent à tout ce qui dépend des organismes vivants. Il s'agit, entre autres, des relations intra- et inter- espèces positives<sup>1</sup> ou négatives, du réseau trophique et notamment de sa constitution ainsi que du flux de matière et d'énergie le traversant, de la valence écologique qui correspond à la possibilité pour une espèce de peupler des milieux différents caractérisés par des variations plus ou moins grandes des facteurs écologiques, de la niche écologique qui traduit la relation fonctionnelle qui lie un organisme à son écosystème<sup>2</sup>, de la richesse spécifique désignant le nombre d'espèces présentes dans un écosystème donné, du nombre d'individus par espèce, de la biomasse spécifique ainsi que de la biodiversité. (40), (51), (55)

La biodiversité est à examiner avec une attention toute particulière car, si l'on considère qu'elle n'a pas de rôle fonctionnel majeur au sein de l'écosystème, on peut, à la limite, ne pas la retenir dans une politique de gestion durable<sup>3</sup>. C'est pourquoi son rôle dans le fonctionnement de l'écosystème est décrit en détail ci-dessous.

### A.2.2.2.) La biodiversité :

#### A.2.2.2.1.) Introduction :

Pourquoi protéger la biodiversité d'un écosystème aquatique, par exemple, lorsque la seule ressource prélevée est l'eau et que l'on sait qu'elle peut être relativement facilement traitée même en cas de forte pollution détruisant toute vie du milieu ?

Ce n'est pas une question innocente quand on sait que "la protection de la qualité des eaux telle qu'elle avait été comprise autrefois, n'impliquait pas nécessairement la protection de la biodiversité et de l'intégrité des écosystèmes. Il importait avant tout de pouvoir disposer d'une eau en quantité suffisante et dont les qualités soient acceptables pour les besoins domestiques ou industriels (ces critères sont d'ailleurs toujours d'actualité), sans que la préservation du

---

<sup>1</sup> Plus précisément ce sont les conséquences des relations intra- et inter- espèces qui correspondent vraiment à des facteurs biotiques.

<sup>2</sup> "Adresse + profession" et destin dans la communauté dont l'organisme vivant fait partie. (51)

<sup>3</sup> Dans ce cas le mémoire que nous avons réalisé n'aurait aucune raison d'être, c'est pour cela que nous voulons insister sur ce point !

Tableau n°1 : (57)

Usage	ETAT TROPHIQUE	
	Requis	Acceptable
Eau de boisson	Oligotrophe	Mésotrophe
Baignade	Mésotrophe	Légèrement eutrophe
Elevage de saumons	Oligotrophe	Mésotrophe
Elevage de cyprinidés	-	Eutrophe
Eau de refroidissement	-	Légèrement eutrophe
Sports aquatiques	-	Eutrophe
Irrigation	-	Très eutrophe
Hydroélectricité	-	Très eutrophe (bien que dans certains cas, des déchets végétaux suffisamment gros ou des sédiments puissent causer des problèmes pour les turbines ).

Encore aujourd'hui, comme on le voit dans ce tableau, la préoccupation majeure des gestionnaires est de veiller à ce que l'état trophique des écosystèmes aquatiques d'eau douce soit cohérent avec leurs utilisations. Dans le cas d'une eau utilisée pour la fabrication d'électricité, il n'est donc pas "nécessaire" de se préoccuper de "l'état de santé" du milieu. Un tel raisonnement est sujet à discussion...

fonctionnement écologique des milieux aquatiques ne soit une préoccupation affichée."(64 pg. 14), (57), (*Voir tableau 1*)

*A.2.2.2.2.) Définition de la biodiversité :*

La façon la plus simple de définir la biodiversité est de la présenter comme la diversité de toutes les formes du vivant. Ce concept est donc loin de se réduire à un simple recensement d'espèces présentes. Il s'applique à l'ensemble identifié par trois types de diversités ainsi qu'aux interactions existant entre celles-ci. Premièrement, la diversité génétique au sein d'une espèce. Deuxièmement, la diversité écologique, c'est-à-dire le nombre d'unités systématiques présentes ainsi que leur abondance relative dans le milieu considéré. Troisièmement, la diversité écosystémique qui correspond à la variété des complexes écologiques dont font partie les organismes vivants. (56), (61)

En termes clairs, la biodiversité prend en compte simultanément différents niveaux de l'organisation biologique. Il s'agit de ceux du gène, de l'espèce, du peuplement et de l'écosystème, avec l'idée qu'il s'agit d'un ensemble interactif. (56), (61)

L'étude de la biodiversité dans une zone donnée, détermine trois attributs des écosystèmes : (56), (64), (65)

- La composition qui précise la mesure de la richesse spécifique et génétique.
- La structure qui décrit l'organisation physique du système, depuis la complexité de l'habitat mesuré au niveau d'une communauté jusqu'à la structure du paysage.
- Le fonctionnement qui identifie les processus écologiques telles les perturbations et ceux liés à l'évolution des espèces, tels les échanges de gènes et les mutations.

On donne aussi à la biodiversité une dimension éthique et philosophique. En effet, elle peut être considérée comme notre héritage et a une valeur culturelle et patrimoniale que nous avons le devoir de transmettre aux générations futures. (66)

De plus, on peut y voir une dimension économique puisqu'on tente de quantifier en termes financiers les usages actuels et potentiels de la diversité biologique. Il est ainsi possible d'affecter une valeur à la biodiversité. Cette dernière a pour intérêt de permettre aux décideurs de justifier l'argent et les efforts investis dans la protection de la biodiversité. Mais cela peut aussi amener des personnes à hiérarchiser les espèces et les écosystèmes entre ceux qui ont une valeur parce qu'ils fournissent des services "intéressants" et ceux qui, à leurs yeux, ne valent rien et

qu'ils ne désireront pas conserver. Cette hiérarchie ou classement peut aussi servir d'arguments à certains décideurs attirés par la perspective de bénéfices immédiats grâce à la destruction des écosystèmes<sup>1</sup>. Ainsi, associer une valeur à la biodiversité est "une arme à double tranchant" qu'il faut manier avec précaution. (56), (58), (66)

La valeur totale de la biodiversité peut être découpée en de nombreuses valeurs particulières, qu'il peut être utile de préciser. C'est ce qui est présenté au point suivant.

#### *A.2.2.2.3.) Les différentes valeurs de la biodiversité :*

- Valeurs d'usage de la biodiversité : (56), (65), (66), (67)

+ directes :

- Bénéfices procurés aux individus par la consommation d'éléments de la biodiversité. Il s'agit des bénéfices retirés de la chasse, de la pêche, de la cueillette, de l'utilisation d'éléments dans l'industrie médicale, de l'emploi de gènes par les biotechnologies, etc. La diversité biologique peut ainsi être considérée comme un gigantesque "réservoir" de ressources utilisables.
- Bénéfices procurés aux individus par des moyens différents de la consommation de la biodiversité. On retrouvera ici, entre autres, la valeur culturelle, la source de connaissance, l'utilité pour l'industrie touristique, la valeur esthétique, morale religieuse et éthique, etc. De plus chaque espèce est une bibliothèque d'informations acquises par l'évolution sur des centaines de milliers, voire des millions d'années. La diminution de la biodiversité nous fait donc perdre de l'information dont il est très difficile d'évaluer la valeur pour l'humanité.

+ indirectes :

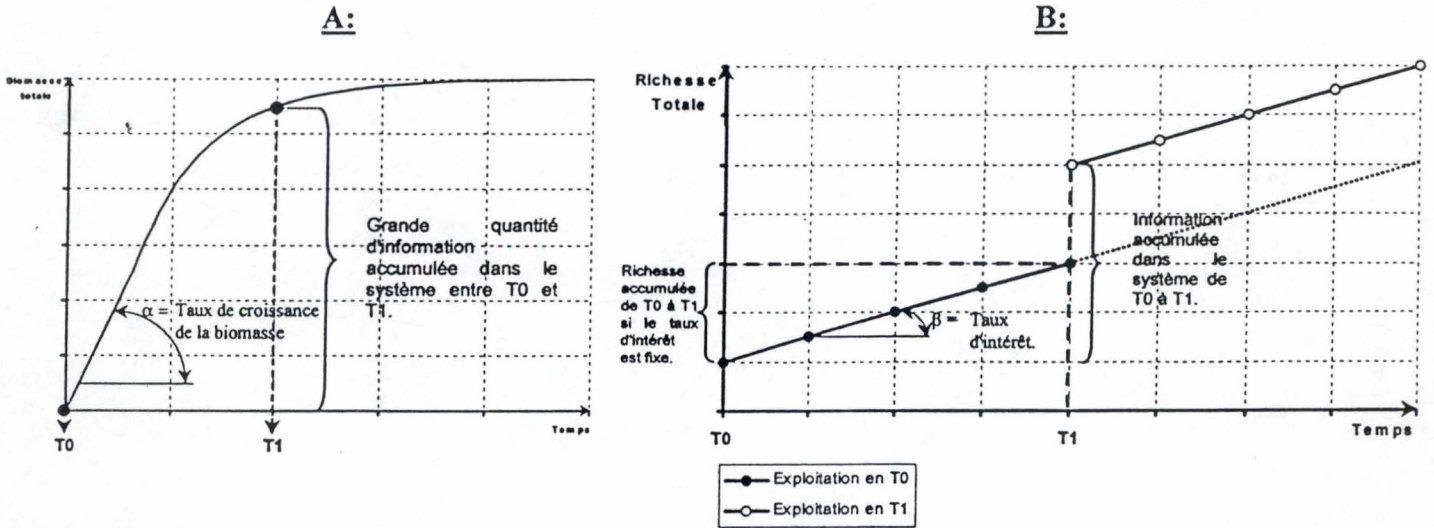
- Rôle fonctionnel<sup>2</sup> de la biodiversité, que ce soit dans l'évolution des espèces ou dans la dynamique des écosystèmes. Il y a des interactions entre les multiples organismes vivants d'un écosystème et entre ceux-ci et les composantes physiques et chimiques de cet environnement. Ce rôle assure indirectement la fourniture d'un certain nombre de "services" aux sociétés humaines que l'on peut regrouper sous le terme générique

---

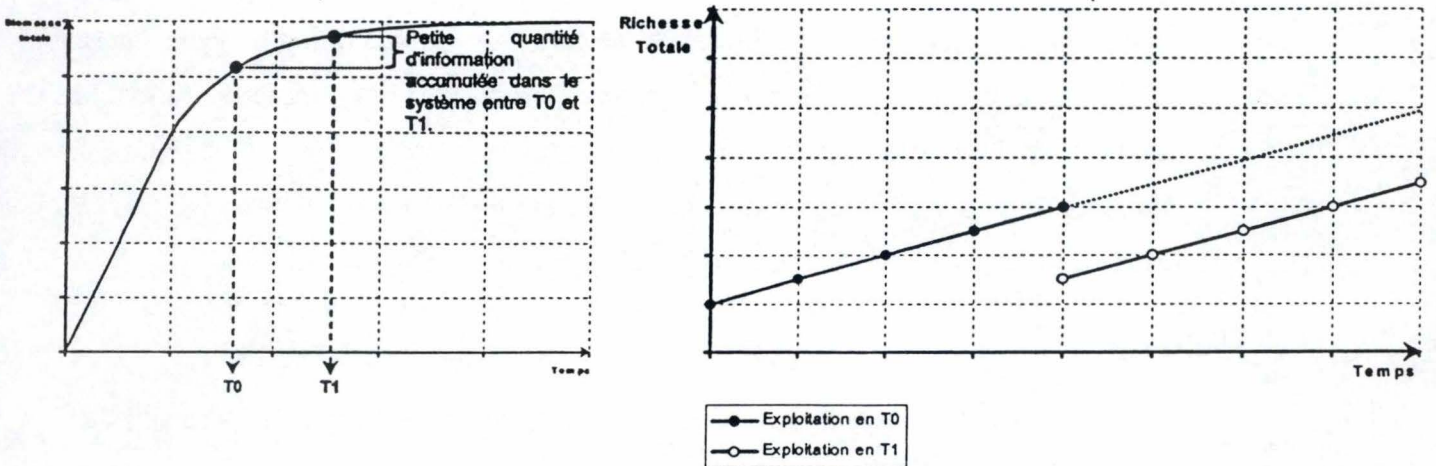
<sup>1</sup> Voir "Bonne définition de concepts" page 18.

<sup>2</sup> Nous détaillons ce point aux pages 36, 37 et 38 (point A.2.2.2.4.2.)

Figure n°3



**Cas 1\*:** Si j'exploite un écosystème lacustre en  $T_0$ , au moment où le taux de croissance ' $\alpha$ ' est très élevé (voir en A), je perds de la richesse car le taux d'intérêt ' $\beta$ ' (voir en B) est beaucoup plus faible que le taux de croissance. En effet la richesse totale est égale à la "mise de départ" additionnée de l'intérêt que j'ai accumulé pendant le temps de placement. Le fait de ne pas exploiter l'écosystème peut être considéré comme une forme de placement puisqu'on accumule aussi de la richesse, mais sous forme de biomasse. Il est donc plus intéressant ici d'exploiter le milieu en  $T_1$  (voir en A). En effet, dès le départ, la quantité de richesse existante est plus importante (voir en B) que celle que l'on aurait accumulée en exploitant en  $T_0$  et en attendant jusqu'à  $T_1$  (voir en B).



**Cas 2\*:** Ici, on a le schéma inverse de celui présenté plus haut. Le taux d'intérêt est plus important que le taux de croissance et il est donc préférable d'exploiter le système en  $T_0$ .

Pour éviter toute confusion, il est bon de noter qu'il existe une différence d'échelle entre la richesse totale pour le cas 1 et cette dernière pour le cas 2 (La richesse totale en  $T_0$  du cas 2 est supérieure à celle du cas 1 au même moment puisque l'on exploite le milieu plus tard).

de "fonctions de support de vie". Ceci englobe des éléments tels que la stabilité climatique, la dépollution, le recyclage de l'eau, des matières organiques et minérales, etc.

- Valeurs d'option et de quasi-option de la biodiversité : (56), (68)

Les valeurs d'usage sont directement utilisables, mais peuvent aussi représenter un potentiel exploitable ultérieurement. On parlera alors de valeur d'option, puisqu'on se réserve une option sur l'avenir comme dans la saisonnalité de la pêche par exemple. On parle en outre de valeur de quasi-option si l'on considère le fait que la consommation d'un élément étant différée, le temps apporte des connaissances et des informations ignorées jusqu'alors en ce qui concerne la biodiversité. Cela implique donc la possibilité d'usages nouveaux de cette dernière. Cette valeur de quasi-option sous-entend des phénomènes d'apprentissage et des possibilités de modification des stratégies initiales. Cela pose implicitement la question de la valeur du temps. En effet, si l'on considère une exploitation immédiate à " $T_0$ " et une autre différée à " $T_1$ " ( $T_1 = T_0 + \Delta T$ ), le surplus d'information que l'on peut tirer en " $T_1$ " par rapport à " $T_0$ " n'est intéressant que si sa valeur est supérieure aux intérêts que l'on aurait accumulés pendant " $\Delta T$ ". (Voir figure 3)

- Valeurs intrinsèques ou valeurs d'existence de la biodiversité : (56)

Valeurs de la biodiversité en dehors de toute utilité qu'elle peut avoir pour les êtres humains.

- Valeurs de legs de la biodiversité : (56)

La biodiversité peut avoir une valeur pour un individu. Elle peut aussi en avoir pour les autres. On parlera alors de valeur altruiste ou de valeur de legs, si les individus veulent transmettre des valeurs à leurs descendants ou, plus largement, aux générations futures. La biodiversité peut, encore revêtir une valeur pour les autres êtres vivants, ce qui nous ramène à la valeur d'existence.

La valeur économique totale de la diversité biologique comme la désignent certains économistes, est calculée en faisant la somme des différentes valeurs ainsi définies, à savoir : Valeurs d'usage + valeurs d'existence + valeurs d'option + valeurs de quasi-option + valeurs de legs. (56)

L'importance de la biodiversité pour l'homme étant établie, nous allons, dans le point A.2.2.2.4., décrire les rôles qu'on lui attribue dans l'écosystème.

#### A.2.2.2.4.) *Les fonctions de la biodiversité :*

##### A.2.2.2.4.1.) Introduction :

Jusqu'il y a peu, la plupart des justifications de l'intérêt de la conservation de la biodiversité étaient basées sur les dimensions éthiques ou esthétiques de l'appauvrissement biologique. Elles se référaient aussi aux conséquences économiques potentielles de la perte d'espèces et de variétés appréciables pour l'agriculture ou la médecine. Toutefois, au cours des dernières années une attention croissante a été accordée aux conséquences écologiques potentielles de sa perte. (69), (70)

Il est encore aujourd'hui malaisé de se faire une idée claire des fonctions de la biodiversité notamment des écosystèmes d'eau douce. Cela est dû au fait que les données actuellement en notre possession sur celle-ci sont d'assez piètre qualité. Des informations de base manquent sur les espèces d'eau douce dans beaucoup de pays développés. Cela rend quasiment impossible l'analyse des populations ou alors limite celles-ci à quelques espèces bien connues. Les informations précises sur les espèces non indigènes sont souvent anecdotiques et limitées à la simple expression de leur existence sans documentation concernant leurs effets sur la faune et la flore. On ne sait pas non plus si une espèce présente à un endroit donné, y compris quand elle est rare, est superflue ou "remplaçable"(en cas de redondance fonctionnelle). C'est pourtant d'une grande portée puisque, s'il est prouvé que la redondance fonctionnelle existe, elle pourrait être un facteur possible de robustesse des écosystèmes<sup>1</sup>. (56), (58)

De plus, la plupart des expériences réalisées jusqu'à présent ont concerné des systèmes terrestres. Les quelques expériences en milieu aquatique se sont limitées à des microcosmes de très petite taille, simplifiés et clos. Même si ceux-ci possèdent un certain nombre d'avantages incontestables comme le faible coût et la simplicité, ils offrent peu de possibilités de contrôle des variables environnementales et de mesures des processus fonctionnels. (56)

Pourtant, la biodiversité des systèmes d'eau douce est plus menacée que celle des systèmes terrestres. 30% des espèces d'eau douce se sont éteintes ou ont été fortement mutilées ces dernières décennies. L'altération physique, la perte d'habitat et sa dégradation, la pollution, la surexploitation de l'eau et l'introduction d'espèces contribuent à leur déclin. Les taux d'extinction d'espèces, selon des estimations, sont 100 à 1 000 fois supérieurs à ce qu'ils étaient au cours des ères géologiques non soumises à l'impact de l'homme. (56), (58), (63), (71)

---

<sup>1</sup> Si des espèces peuvent facilement relayer celles qui disparaissent et assurer ainsi la permanence des écosystèmes, ces derniers seront robustes. Par contre si chaque espèce a un rôle unique, la disparition de certaines d'entre elles peut avoir des conséquences désastreuses.

Une voie toute tracée pour aller au-delà des expériences déjà réalisées consisterait en la création d'un Aquatron, le pendant des Ecotrons terrestres qui permettent l'observation des écosystèmes contrôlés en évitant à la fois le gigantisme des écosystèmes naturels et le simplisme des modèles appauvris. Celui-ci combinerait des microcosmes permettant d'étudier la boucle microbienne et des mésocosmes s'intéressant au réseau trophique classique. Un tel Aquatron offrirait la possibilité de contrôler les flux d'entrée et de sortie, de contrôler les variations environnementales et de mesurer un grand nombre de processus fonctionnels, en particulier le recyclage des nutriments. (56)

#### A.2.2.2.4.2.) Rôles de la biodiversité :

La biodiversité a de nombreux rôles supposés ou vérifiés : (46), (56), (60), (65), (69), (70), (72)

- La biodiversité semble contribuer à la stabilité et à la durabilité des flux de matière et d'énergie dans les écosystèmes aquatiques face aux perturbations imprévues.

Une diversité élevée pourrait ne jouer qu'un rôle minoritaire dans le contrôle des flux de matières et d'énergie sous conditions constantes ou proches de la normale mais jouer un rôle crucial de maintien de la stabilité de ces flux dans un environnement soumis à des fluctuations ou à des modifications à long terme.

Dans les écosystèmes terrestres, une étude expérimentale de terrain sur des communautés végétales a suggéré qu'une plus grande richesse spécifique s'accompagne d'une augmentation de la résistance de la productivité primaire totale lors d'un épisode de longue sécheresse. De plus, bien qu'ils restent très prudents dans leurs conclusions, les chercheurs estiment aujourd'hui que la biodiversité permet aux écosystèmes de mieux résister à la pénétration d'espèces étrangères ou aux maladies.

- La biodiversité pourrait affecter la grandeur et la répartition des flux de matière et d'énergie dans les écosystèmes.

Les résultats publiés des premières expériences sur les milieux terrestres suggèrent un ensemble d'effets positifs de la diversité spécifique sur les processus fonctionnels des écosystèmes, notamment une augmentation de la productivité primaire et de la rétention des nutriments du sol. Toutefois, l'interprétation de ces résultats reste sujette à controverse.

Dans une expérience utilisant des mésocosmes en milieu lacustre, la diversité des espèces présentes dans chaque niveau trophique apparaît comme un facteur influent, déterminant les

rôles respectifs des nutriments ("contrôle ascendant") et des prédateurs ("contrôle descendant") dans la régulation des réseaux trophiques et le fonctionnement de l'écosystème.

- Il est aujourd'hui reconnu que de nombreuses caractéristiques structurelles et fonctionnelles des écosystèmes sont déterminées par des traits biologiques et démographiques, par la distribution spatiale des organismes vivants et par leur dynamique de colonisation et d'interaction.

En effet, les processus écosystémiques sont particulièrement sensibles aux espèces qui influencent l'approvisionnement et le renouvellement des ressources inorganiques dont dépend l'ensemble de l'écosystème. Ils sont aussi affectés par la présence "d'espèces clefs de voûte" ou charnières dont l'impact sur le fonctionnement de l'écosystème est disproportionné par rapport à leur biomasse. Il faut aussi penser aux "ingénieurs écologiques" qui modifient le régime des perturbations et l'habitat physique (en le remaniant par exemple) des autres espèces. L'écosystème, par ses différentes caractéristiques, détermine en retour l'expression des potentialités des espèces.

- La diversité est intimement liée à la vie.

"Qu'est-ce que la vie au fond ? , demande Robert Barbault, directeur de l'Institut fédératif d'écologie fondamentale et appliquée (France). C'est ce qui dure. Et elle dure parce qu'elle s'adapte aux modifications de son environnement en se diversifiant. La démonstration continue depuis près de 4 milliards d'années pour une multitude d'espèces. L'homme n'est pas différent des autres même s'il est plus sophistiqué. Il est confronté aux mêmes types de problèmes : manger et éviter d'être mangé. Les prédateurs essaient de consommer un maximum de proies et les proies d'échapper à ceux-ci. Cela entraîne une co-évolution fondée sur la variabilité génétique et comportementale. C'est une course sans fin. La diversité est la raison d'être du succès du phénomène vivant, et donc de notre propre existence" (67, pg. 25). Mais, si le vivant s'est toujours adapté, pour se régénérer la vie a besoin de temps et d'espace, que, selon l'avis de la plupart des spécialistes, le rythme et l'ampleur des dégradations humaines ne lui laissent plus.

Il a été montré ci-dessus que la biodiversité, à travers sa définition, ses valeurs et ses fonctions, est un élément unique qu'il est nécessaire de protéger pour assurer la pérennité des écosystèmes dans l'avenir. C'est ce que se proposent de faire les spécialistes de la gestion durable. C'est ce vers quoi ce travail est censé tendre (entre autre), dans son infime mesure.

Après cette description des différents facteurs abiotiques et biotiques affectant l'écosystème nous en abordons, au point suivant, un troisième groupe : celui des facteurs trophiques.

#### A.2.3.) Les facteurs trophiques :

Les facteurs trophiques sont "intermédiaires entre les facteurs abiotiques et biotiques. En effet ces derniers sont strictement minéraux, donc abiotiques, pour les nutriments des plantes et organiques, donc d'origine biotique, en ce qui concerne l'alimentation des animaux"(21, pg. 227). On y retrouve des caractéristiques comme : (39), (55), (73)

- Le type de nourriture (minérale, organique, dissoute, etc.) disponible.
- La qualité et la quantité des aliments.  
Pour les poissons herbivores, par exemple, il sera préférable d'ingérer des végétaux pauvres en fibres car la digestion de celles-ci demande une grande quantité d'énergie qu'ils ne pourront donc pas utiliser pour leur biosynthèse, ce qui peut provoquer un ralentissement de la croissance.
- La teneur du milieu en éléments minéraux nutritifs.
- Le couplage des cycles des différents éléments.  
Celui-ci induit des effets indirects potentiellement puissants dus aux différences de contraintes stœchiométriques entre niveaux trophiques. Ainsi, par exemple, le zooplancton peut changer le nutriment limitant la croissance du phytoplancton et modifier de la sorte la composition et l'abondance de celui-ci.  
De plus, bien qu'intuitivement on pense que les interactions trophiques directes ont un effet négatif sur les organismes consommés, il a été prouvé que le recyclage des nutriments induit par la consommation peut résulter en un gain net de productivité pour ces organismes consommés. En particulier, l'herbivorie peut aisément avoir l'effet contre-intuitif d'accroître, voire d'optimiser la productivité primaire.
- Dans les lacs, la taille de l'écosystème peut aussi être considérée comme "une sorte de facteur trophique".

Figure n°4 : (76)

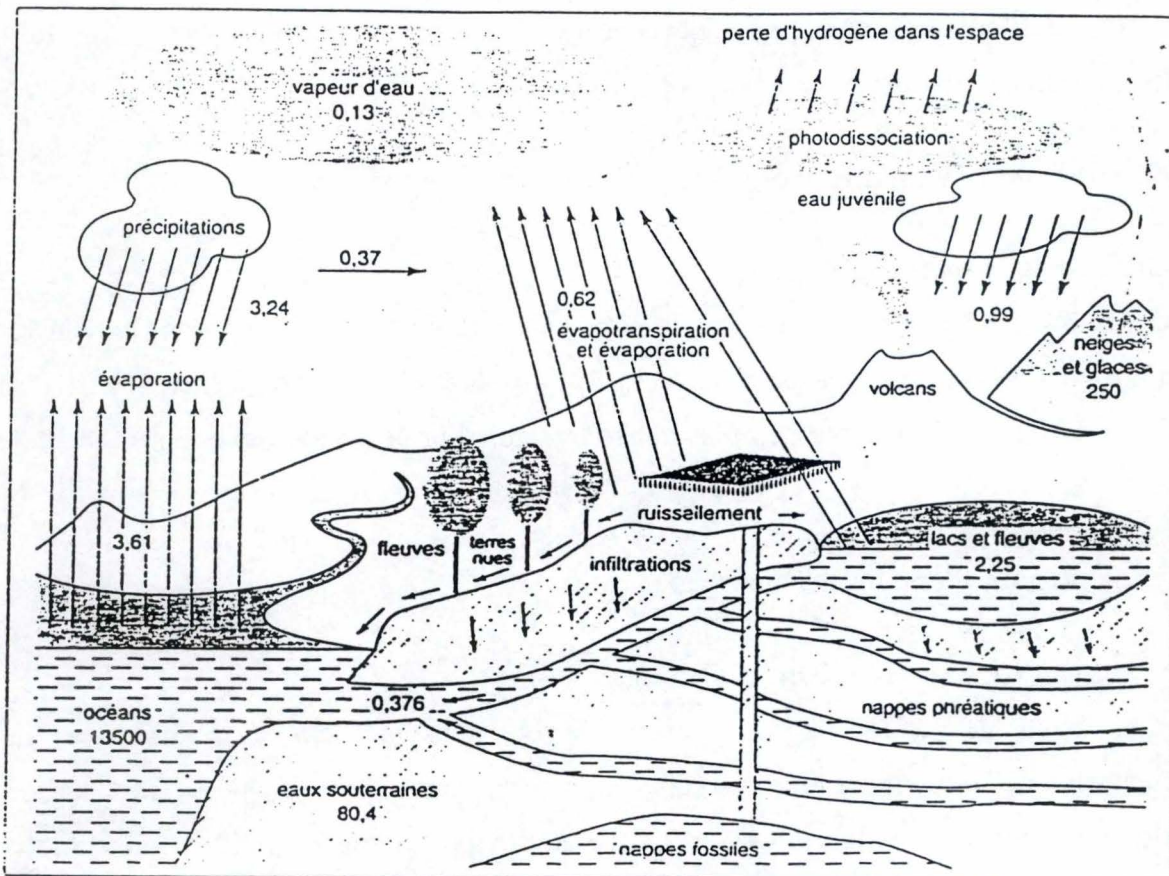


Figure représentant le cycle de l'eau.

On se rend compte que les divers processus qui sont en jeu se passent à des échelles de temps et d'espace bien différentes. Ainsi l'eau s'évaporant d'un lac pourra, lors d'un "voyage atmosphérique", parcourir de longues distances jusqu'à la mer pour s'y mêler par précipitation. Puis, par évaporation, retourner beaucoup plus tard dans sa cuvette. D'un autre côté ce même liquide, après son départ du bassin, peut si les conditions sont favorables, se condenser dans l'environnement proche et retourner au lac très rapidement.

Elle détermine la longueur de la chaîne alimentaire qui est une caractéristique écologique notable puisqu'elle influence la structure de la biocénose, les fonctions de l'écosystème et la concentration en super-prédateurs. Cela est dû à la relation qui existe entre la taille de l'écosystème et la diversité des espèces, la disponibilité de l'habitat et son hétérogénéité. Ce n'est donc pas la richesse en ressources qui détermine la longueur de la chaîne trophique dans les écosystèmes limniques comme on pourrait le croire au premier abord.

Il y a certainement de nombreux autres types de facteurs trophiques qui ont été omis mais l'énumération présentée ci-dessus n'a pas pour but d'être exhaustive. Elle n'est là que pour jouer un rôle d'aide à la compréhension et n'est donc qu'exemplative.

Pour clôturer le "petit tour d'horizon" des facteurs écologiques, il reste encore à évoquer les "autres facteurs", ce que nous faisons dans les paragraphes suivants.

#### A.2.4.) Autres facteurs : L'espace, le temps, l'espace-temps et les implications possibles :

##### A.2.4.1.) Introduction :

Les notions de temps et d'espace, considérées à tort comme familières sont souvent mal ou non définies explicitement lorsqu'on évoque l'écosystème. Pourtant, elles sont essentielles à la compréhension du fonctionnement de celui-ci puisque, comme tout système physique, les écosystèmes sont structurés dans l'espace et dans le temps. "La dynamique des écosystèmes ne peut donc être abordée que sous le double éclairage de l'espace et du temps"(52, pg 236). Les écosystèmes aquatiques, notamment, sont variables sur un large rang d'échelles de temps et d'espace comme le montre la *figure 4*. (39), (74), (75), (76)

Comme les notions de temps et d'espace semblent devoir être prises en compte lorsqu'on s'intéresse aux écosystèmes, nous allons nous y attarder quelque peu. On passera en revue la notion d'espace, puis celle de temps et enfin celle d'espace-temps (puisque, comme on le verra, espace et temps semblent être intimement liés). A chaque fois on les définira et on essayera de montrer en quoi elles sont importantes.

En premier lieu, voici la notion d'espace.

##### A.2.4.2.) L'espace, l'étendue, la limite et la finitude :

###### A.2.4.2.1.) Généralités :

L'espace est, par définition, "un milieu homogène et illimité où nous situons tous les corps et tous leurs mouvements" (62, pg. 260).

De ce fait, pour repérer un objet, il faut le situer par rapport à un ensemble d'autres qui jouent le rôle de système de référence. Il n'y a donc pas d'espace absolu. Ainsi un objet dit immobile ne l'est en réalité que par rapport à un système de référence donné. (18)

Lorsqu'on veut particulariser un écosystème, il est nécessaire de bien définir l'espace. En effet, le couplage entre structures, fonctions et dynamiques des écosystèmes demande l'élaboration de modèles spatialement explicites comme le montre bien l'exemple des phénomènes de stratification dans les lacs<sup>1</sup>. De façon générale l'occupation de l'espace par les écosystèmes, dans sa morphologie comme dans son fonctionnement, est hiérarchique et fractale puisque les écosystèmes s'emboîtent, se chevauchent et se superposent. Leur délimitation spatiale est donc problématique et souvent arbitraire. On borne donc l'espace de façon moyenne selon des critères fonctionnels, topographiques ou autres. Un espace ainsi limité est appelé "étendue". (37), (39), (52)

Selon sa spécificité, cette étendue prend des noms différents. On peut parler par exemple d'aire de répartition d'une espèce pouvant s'étendre sur plusieurs écosystèmes et sur des surfaces continues ou disjointes. Des appellations comme "milieu de vie", "environnement" et "biotope" se rencontrent aussi fréquemment. La dénomination de "station" est utilisée quand on fait référence au milieu de vie d'une population végétale déterminée et l'on utilise le terme "d'habitat de populations", parfois constitué de plusieurs biotopes, lorsqu'on veut être plus général. Quand les organismes vivants doivent défendre une parcelle d'espace contre des intrus, on utilisera préférentiellement le mot "territoire"<sup>2</sup>. (15)

Il faut aussi prendre en considération le fait que le même nom peut lui-même recouvrir plusieurs significations comme dans "milieu" et dans "environnement". (15)

La nécessité du bornage de l'espace n'est pas sans conséquences. Elle implique la notion de frontière, qui suppose elle-même celle de finitude. Nous nous proposons donc d'explicitier ces deux notions.

#### *A.2.4.2.2.) La notion de frontière :*

Les frontières correspondent "aux limites d'un territoire qui en détermine l'étendue"(77, pg. 979). Elles ne sont pas imperméables, comme le laisse supposer, par exemple, le paradigme du microcosme relatif aux milieux lacustres<sup>3</sup>. Des relations constantes sont établies entre les

---

<sup>1</sup> Voir "Division du bassin lacustre en zones grâce à différents paramètres physiques, chimiques et topographiques", page 60 et suivantes.

<sup>2</sup> Voir "Bonne définition de concepts" page 18.

<sup>3</sup> Voir page 75

écosystèmes qui s'interpénètrent. Les milieux aquatiques par exemple, plus encore que les écosystèmes terrestres, peuvent difficilement être considérés indépendamment de ceux qui les entourent. Une grande partie des éléments, dissous ou figurés, "naturels" ou "anthropiques" qui entrent dans leur fonctionnement provient des écosystèmes terrestres environnants formant le bassin versant. Cette caractéristique devrait faire d'eux les premiers exemples des études d'écosystèmes complexes, développement logique de l'écologie des systèmes complexes. (37), (41), (78)

Si les frontières ne sont pas imperméables, leur mise en place est néanmoins nécessaire lorsque l'on considère un système particulier. Tout d'abord, on n'étudie pas de la même façon une surface de quelques mètres carrés et une autre de plusieurs kilomètres carrés. Outre cela la taille d'un écosystème<sup>1</sup>, par exemple, a une incidence directe sur son fonctionnement. Ainsi un écosystème de grande taille aura une résistance aux perturbations subies plus forte qu'un autre de moindre étendue car un nombre non négligeable de ces dernières n'ont un effet que dans un faible espace. Enfin les vitesses de réactions physico-chimiques sont plus élevées dans des espaces réduits. La définition de la limite spatiale a donc une incidence sur celle du temps, ce qui est intéressant comme nous le verrons par la suite. (39), (52)

La notion de frontière implique aussi une autre, celle de finitude que l'on doit prendre en considération lorsque l'on s'intéresse au comportement humain, notamment dans une perspective de gestion durable. En voici donc une description.

#### *A.2.4.2.3.) La notion de finitude :*

Si un système est borné, il n'est plus infini mais fini, ce qui implique une modification de sa perception. On peut en effet, sans conséquence, prélever une quantité immense de ressources à un système infini. On peut aussi y rejeter autant de déchets que l'on veut sans le modifier, c'est...mathématique ! Cette vision des écosystèmes a longtemps perduré chez l'homme. Ce n'est plus le cas aujourd'hui.

Si les limites d'un écosystème sont arbitraires, il y en a au moins une qui ne l'est pas, celle de la biosphère. En dehors d'elle, pas de salut. Il est donc nécessaire de la protéger et d'en protéger ses constituants, les écosystèmes, si l'on veut nous-mêmes avoir une chance de survivre. (79)

La conscience de la finitude de notre espace de vie s'est faite de façon progressive.

---

<sup>1</sup> La taille dépend directement de la délimitation que l'on a effectuée. Plus les frontières sont écartées, plus la surface qu'elles contiennent est importante.

Ce n'est pas accidentel si en *putonghua* (chinois mandarin) "crise" et "opportunité" sont représentés par le même caractère. Les crises sont en effet de bons catalyseurs pour faire réagir les humains. Plusieurs d'entre elles sont le moteur de la prise de conscience de la finitude. Il s'agit tout d'abord de la première et de la deuxième guerre mondiale qui ont permis aux humains de voir qu'ils faisaient tous partie d'un même espace et qu'ils ne pouvaient plus l'ignorer. Les ressources disponibles n'étant pas infinies, il était capital d'étudier et de conserver les écosystèmes et notamment ceux d'eaux douces dont les ressources vivrières ont été particulièrement appréciées à une époque où la pêche en mer était pratiquement impossible. (41), (79), (80)

Après la seconde guerre mondiale, la croissance démographique qui correspond à une augmentation de la population associée à un accroissement de la production, de la consommation, de l'industrialisation et de l'urbanisation, fut la cause d'une crise environnementale dans les années 1960-1970. Cela s'est notamment marqué par les nombreux problèmes de pollutions diverses affectant les écosystèmes aquatiques. On a alors compris qu'ils nous fournissaient des services gratuits que nous risquions de perdre par des actes et comportements inconsidérés et que seule une compréhension profonde de leur fonctionnement, qui devrait nous mener à une gestion optimale de nos ressources d'eaux douces, nous permettrait de nous en prémunir. (81)

L'opinion publique occidentale a été particulièrement sensible à la crise de l'énergie dans les années 1970-1980. Les citoyens ont pris alors brutalement conscience de la valeur des matières premières épuisables comme le pétrole. Ils sont devenus attentifs au fait que nous vivons dans sur un espace limité, c'est-à-dire avec des ressources épuisables. (82), (83)

Aujourd'hui encore, les différentes crises écologiques (déforestation, marées noires, faim dans le monde, pollutions industrielles, sécheresses, etc.), à grand renfort de battage médiatique, ne font que renforcer l'idée de la finitude.

L'image la plus spectaculaire et certainement la plus parlante de la finitude ne nous vient pas d'une crise mais de la Terre vue de l'espace. Elle nous montre à quel point nous sommes isolés et nous répète que nous n'avons qu'une seule chance à notre disposition. En cas "d'erreur" nous ne pourrons pas, du moins pour l'instant, nous échapper. (79)

Nous avons vu dans le point **A.2.4.2.2.** que l'espace était lié au temps. Mais qu'est-ce que le temps ? Nous tentons d'y répondre dans les paragraphes qui suivent.

#### A.2.4.3.) Le temps, la durée, l'instant, le cycle et l'irréversibilité :

"« [...] Est-ce qu'il peut exister un cube instantané ?

– Je n'y suis pas, dit Filby.

– Est-ce qu'un cube peut avoir une existence réelle sans durer pendant un espace de temps quelconque ? »

Filby devint pensif. « Manifestement, continua l'Explorateur du Temps, tout corps réel doit s'étendre dans quatre directions. Il doit avoir Longueur, Largeur, Epaisseur et... Durée. Mais par une infirmité naturelle de la chair, que je vous expliquerai dans un moment, nous inclinons à négliger ce fait. Il y a en réalité quatre dimensions : trois que nous appelons les trois plans de l'Espace, et une quatrième : le Temps. On tend cependant à établir une distinction factice entre les trois premières dimensions et la dernière, parce qu'il se trouve que nous ne prenons conscience de ce qui nous entoure que par intermittence, tandis que le temps s'écoule, du passé vers l'avenir, depuis le commencement jusqu'à la fin de notre vie.

– Ça, dit un très jeune homme qui faisait des efforts spasmodiques pour rallumer son cigare au-dessus de la lampe, ça... très clair... vraiment.

Or, n'est-il pas remarquable que l'on néglige une telle vérité ? Continua l'Explorateur du Temps avec un accès de bonne humeur. Voici ce que signifie réellement la Quatrième dimension; beaucoup de gens en parlent sans savoir ce qu'ils disent. Ce n'est qu'une autre manière d'envisager le Temps. Il n'y aucune différence entre le Temps, quatrième Dimension, et l'une des trois autres dimensions de l'Espace sinon que notre conscience se meut avec elle. " (84, pg. 17, 19.)

"All limnologists must incorporate the dimension of time into their thinking and into their research. Everything is dynamic. Nothing is static. What we see now is the consequence of what was happening in the past. The expression "Today is the tomorrow you worried about yesterday", emphasizes the continuity of time"<sup>1</sup> (41, pg. 4)

##### A.2.4.3.1.) Généralités :

Le temps n'est pas absolu. En effet, tous les phénomènes ne peuvent être référés à un même temps : il n'y a de temps que local. (18)

Ainsi, une notion comme celle de la simultanéité devient relative comme le montre l'exemple des 2 coureurs de 100 m : Imaginons que l'on mesure le temps en seconde et qu'après 12 secondes l'un ait parcouru une distance de 100,02 m et l'autre une distance de 100 m. Si l'on a une précision de mesure de l'espace égale au dixième de mètre, on dira qu'ils ont franchi la ligne d'arrivée en même temps, puisqu'ils auront tous les deux parcouru 100,0 m en 12 secondes. Mais si l'on avait augmenté la précision du temps sans changer celle de l'espace (dixième de mètre) en passant des secondes aux millisecondes, on pourrait montrer que l'un franchit les 100 mètres en

---

<sup>1</sup> "Tous les limnologues doivent incorporer la dimension du temps dans leur pensée et dans leurs recherches. Tout est dynamique, rien n'est statique. Ce que nous voyons maintenant est la conséquence de ce qui s'est produit dans le passé. L'expression "aujourd'hui est le demain dont vous vous inquiétiez hier" souligne la continuité du temps."

11,998 secondes et l'autre en 12,000 secondes. Il n'y aurait donc plus eu de simultanéité dans ce cas !

Le temps du "sens commun" est un élément subjectif ou qualitatif puisqu'il correspond à ce que nous éprouvons en nous-mêmes par le seul fait que nous pensons (on parle aussi de temps existentiel si celui-ci a une valeur affective). (18), (62), (85)

Le "temps propre" est objectif ou opérationnel puisqu'il est mesurable à l'aide d'un système conventionnel, comme un chronomètre par exemple. Il existe néanmoins une pluralité des temps propres, par l'impossibilité de rapporter tous les phénomènes de l'univers à un seul et même temps. Ainsi, si l'on analyse le métabolisme d'une algue phytoplanctonique, à l'échelle des secondes tous les enzymes semblent agir à la même vitesse, ce qui n'est plus le cas lorsque l'on étudie ces mêmes processus à l'échelle des millisecondes. (18), (62), (85)

Lorsqu'on étudie les écosystèmes on mesure un temps qui se retrouve borné par un point 0 et parfois par un point final mais pas nécessairement. Ce temps est celui de la durée qui dépend, elle aussi, du système de référence employé. Elle est à l'ordre temporel ce que la distance est à l'ordre spatial. Selon sa spécificité, cette durée prendra des noms différents (stratégies démographiques, générations, cycles de développement, rythmes biologiques, etc.) ou sera associée à un terme déterminatif comme dans "durée de vie" <sup>1</sup>. (15), (75), (86)

Le temps est à la fois cyclique (durées ayant un contenu similaire et se répétant indéfiniment), ce qui permet à l'homme de se donner des repères (alternance jour/nuit, saisons, ères), mais aussi linéaire et orienté, donc évolutif et irréversible. (18), (62), (85)

Si l'on insiste sur l'irréversibilité des processus temporels, on aura tendance à lier le temps au devenir, on parlera alors du temps évolutif. Si l'on remarque, au contraire, qu'il n'y a pas lieu de mettre en mouvement les relations de simultanéité et de succession, qui, une fois établies, restent toujours identiques, on aura tendance à décrire un temps cyclique<sup>1</sup>. (18)

Quelles sont les spécificités du temps cyclique et du temps évolutif ? Y en a-t-il un des deux qui soit plus important ou qui n'ait pas de raison d'être pris en considération lorsqu'on considère le fonctionnement d'un écosystème ? Puisque la perception que l'on a du fonctionnement d'un écosystème est fortement différente selon l'angle que l'on choisit, ces questions peuvent certainement influencer le comportement des gens. Une tentative de réponse à ces questions est donnée dans les points qui suivent.

---

<sup>1</sup> Voir "Bonne définition de concepts" page 18.

#### *A.2.4.3.2.) Rôle du temps cyclique dans l'écosystème :*

Le temps cyclique permet d'appréhender les phénomènes périodiques à court, moyen et long terme. On connaît en écologie des cycles de 24h, saisonniers, annuels, glaciaires, etc. Tous ces cycles agissent sur le fonctionnement de l'écosystème. (39), (59)

Il permet aussi de comprendre le rôle de la concordance des cycles physiques et biologiques dans le fonctionnement de l'écosystème. Ainsi, une coïncidence des cycles permet des phénomènes de résonance biocénose/biotope permettant à la faune et à la flore de profiter au maximum du milieu, comme le montre l'exemple des blooms algaux de printemps. (39)

Le temps cyclique est donc utile et il est nécessaire de le prendre en compte lorsqu'on se préoccupe du fonctionnement de l'écosystème.

#### *A.2.4.3.3.) Rôle du temps évolutif dans l'écosystème :*

Le temps évolutif permet de comprendre, par exemple, la très grande diversité biologique de certains lacs de l'Afrique de l'Est dont le Tanganyika est un bon exemple. Ces lacs dits "anciens" ont connu des périodes de fragmentation du bassin lacustre par la suite de changements du niveau des eaux. Il en a résulté un isolement de certains groupes d'espèces qui se sont rapidement adaptés à leurs conditions locales en y évoluant alors de manière autonome. On appelle ce phénomène la radiation adaptative. Quand le niveau du lac augmente, les différents groupes restent génétiquement isolés. Ce mécanisme pourrait être renforcé par le fait que beaucoup d'espèces ont tendance à rester dans des aires très localisées, et sont associées à un type particulier d'habitat. On compte au moins 20 glaciations dans les 2 derniers millions d'années, chacune d'entre elles a pu affecter le climat et le niveau des lacs africains. Il y a donc eu une co-évolution espèces/milieu à l'origine de cette grande diversification des espèces qui va de pair avec celle des régimes alimentaires et une forte endémicité. Toutes les ressources du milieu sont exploitées et toutes les niches écologiques sont occupées. Au contraire des lacs "jeunes" où la co-évolution espèces/milieu n'a pas eu le temps de s'exprimer et où la faune de recolonisation récente est encore pauvre et l'endémicité pratiquement nulle. (21), (87)

Le temps évolutif permet aussi de se rendre compte que l'écosystème perçu est l'image d'une longue évolution et qu'il est encore destiné à se transformer et peut-être à disparaître. Un des exemples le plus frappant est celui de l'écosystème lacustre qui n'est souvent qu'une forme transitoire destinée à se combler progressivement. Cette évolution est observable sur des échelles de temps dont la grandeur est liée à la profondeur et au volume du biotope lacustre. La sédimentation intervient de façon déterminante dans ce processus de vieillissement et constitue

A)



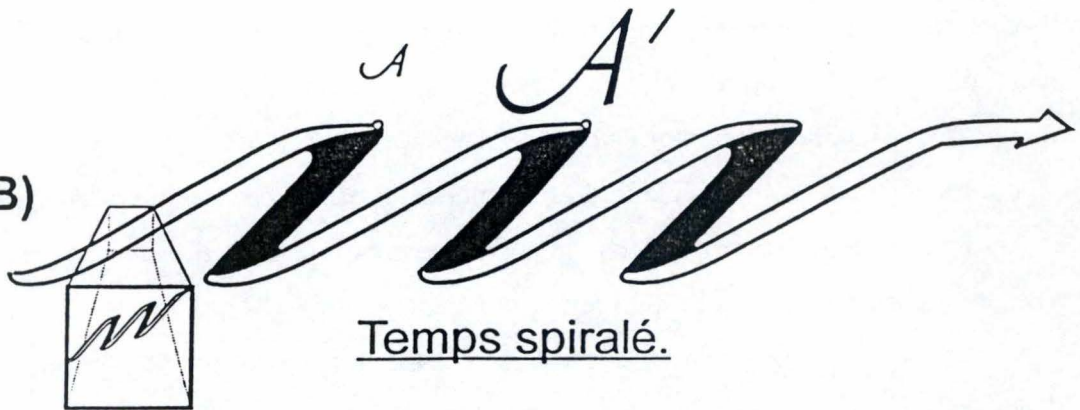
Temps cyclique.

B)



Temps évolutif.

A+B)



Temps spiralé.

Si l'on considère le temps comme cyclique, le système passe d'un état "A" à un autre "A'", strictement identique au premier. C'est ce qui est présenté en A).

Si, maintenant, le temps est perçu comme évolutif, cela revient à 'couper' le cylindre présenté en A) et à l'étaler comme il est montré en B). Dans ce cas les deux états sont bien distincts et n'ont rien de similaire.

A+B) est une combinaison de A) et de B). Elle rend compatible les deux représentations du temps valides actuellement. En effet, si vous faites pivoter ce dernier schéma de 90°, en dirigeant la pointe de la flèche vers vous, vous obtenez un dessin identique à celui présenté en A). De même, en regardant du dessus la spirale, et en 'aplatissant' vous obtenez le dessin B). Un agrandissement de A+B) à été réalisé pour montrer que le temps est relatif. En effet, une partie qui semble purement linéaire est en fait, à une autre échelle, spiralee. De même on aurait pu réaliser un grossissement identique sur l'agrandissement présenté et obtenir là aussi, une structure spiralaire. Ainsi, le temps, dans sa structure, est fractal.

l'agent moteur de la succession en milieu lacustre. Il s'agit à la fois d'un processus autochtone, par l'apport de matières organiques autogènes et allochtones puisqu'une partie de la matière organique provient du bassin versant. Le lac va connaître une évolution dans le temps à la fois sur le plan physico-chimique et biologique. Ceci correspond à un processus d'eutrophisation naturelle. Au cours de son vieillissement, le lac va se combler par un apport de matériaux sédimentaires toujours plus nombreux au fur et à mesure que la zone littorale et la communauté végétale aquatique se développent. (21)

Ainsi, le temps évolutif a une utilité aussi grande que celle du temps cyclique. Il est donc nécessaire d'avoir à l'esprit ces deux notions lorsqu'on considère le fonctionnement de l'écosystème.

Le temps cyclique donne, de manière regrettable, une fausse impression de réversibilité des phénomènes, ou tout du moins d'un retour possible au "point de départ" si on laisse le temps s'écouler suffisamment longtemps. Ainsi, le phytoplancton d'un lac, d'un été à l'autre semble être "égal à lui-même". Cette vision des choses signifie qu'on ne tient aucun compte des nombreux cadavres qui se sont accumulés d'un été à l'autre et qui ont alimenté le sédiment qui lui, n'a plus la même épaisseur que l'été précédent.

Même si un phénomène semble totalement cyclique, comme c'est le cas pour la migration verticale du plancton liée à la succession du jour et de la nuit ou pour les cycles thermiques saisonniers<sup>1</sup>, le temps s'écoule. De ce fait le système pris dans son ensemble s'en retrouve modifié, puisque son fonctionnement est irréversible<sup>2</sup>. (55)

Comment faire, dans ce cas pour prendre en compte le temps cyclique et le temps évolutif sans qu'il y ait opposition des deux au niveau de la réversibilité du fonctionnement ?

Nous proposons de considérer le temps comme "spirale". Cette idée est développée ci-dessous.

#### A.2.4.3.4.) *Le temps "spirale" :*

En réalité, le temps n'est ni réellement cyclique ni totalement évolutif à l'échelle de l'écosystème. Il s'agit plutôt d'une composante des deux. Lorsqu'un cycle s'effectue, il ne revient jamais à son point de départ, il se trouve à un stade semblable avec un certain décalage temporel dû à l'évolution que l'écosystème ne cesse de subir pendant que le cycle se déroule. (*Voir. figure 5*)

<sup>1</sup> Les cycles thermiques saisonniers font alterner des saisons où la stratification thermique est affirmée (été, hiver) et des saisons correspondant à des phases d'homogénéisation de la température (automne, printemps). (55)

<sup>2</sup> Comme on l'a écrit à la page 26.

Nous proposons donc de représenter le couplage du cercle du cycle et de la flèche du temps évolutif par une spirale qui rend compatible l'irréversibilité des processus se produisant au sein de l'écosystème et l'existence de cycles.

Nous avons cru bon de préciser cette notion de temps "spirale". En effet, les processus se produisant au sein de l'écosystème peuvent être considérés soit comme évolutifs, soit comme cycliques selon l'échelle temporelle de référence que l'on choisit. Ainsi, la personne qui prend le siècle comme échelle de temps pourra mettre en évidence des cycles impossibles à révéler si l'on se contente d'études à l'échelle de la journée. De même, si cette personne s'intéresse à des phénomènes se présentant à l'échelle du millième de seconde, elle pourra aussi trouver des cycles qu'on ne peut découvrir à l'échelle de la journée. Le temps semble donc avoir une structure fractale, c'est-à-dire qu'il répète indéfiniment la même figure, qu'on augmente ou qu'on diminue l'échelle d'observation, comme cela est représenté à la *figure 5*.

Comme nous l'avons vu, temps et espace semblent liés intimement. Il paraît donc logique de vouloir les réunir. C'est ce que se propose de faire la notion d'espace-temps qui est abordée ci-dessous.

#### A.2.4.4.) L'espace-temps et la notion d'échelle :

##### A.2.4.4.1.) Généralités :

Le référentiel d'espace-temps, contrairement à celui d'espace<sup>1</sup> et à celui du temps<sup>2</sup>, est absolu. Deux objets qui ont les mêmes coordonnées dans un référentiel donné de temps (t) et d'espace (x, y, z), gardent cette propriété dans tous les référentiels. On dit que ces deux objets définissent un même point de l'espace-temps. (75)

La notion d'espace-temps permet de se rendre compte que toute modification de l'échelle d'espace modifie celle du temps. Ainsi, à l'échelle du centimètre, un système se modifie très rapidement et l'on devra se servir d'un temps très court (seconde ou minute par exemple) pour prendre conscience de cette évolution. Par contre si l'on étudie un système dont l'échelle de référence est le kilomètre, il faudra utiliser celle du jour ou l'année pour percevoir ses variations. (55)

De plus, pour développer des concepts décrivant la structure et le fonctionnement des écosystèmes, il est nécessaire d'identifier des unités fondamentales basées sur la compréhension

---

<sup>1</sup> Voir page 39 et 40

<sup>2</sup> Voir page 43

de modèles spatio-temporels. Il n'est pas vain de rappeler que "les écosystèmes sont fondamentalement structurés dans l'espace-temps. Ils ne devraient en être extraits conceptuellement" (15), (39, pg.10), (74).

En ce sens, l'influence du couplage espace et temps est particulièrement marquée dans les dynamiques de populations. On a longtemps pensé, par exemple, que les organismes se répartissaient d'une façon uniforme dans l'écosystème ce qui biaisait considérablement la compréhension de son fonctionnement puisqu'il existe, on le sait aujourd'hui, une stratégie d'occupation de l'espace-temps par les organismes vivants. Les différents peuplements ont ainsi une structure définie. Les organismes sont distribués dans l'espace-temps de manière à utiliser au mieux les conditions offertes par le milieu abiotique. Des liens s'établissent entre les êtres en compétition pour la lumière, la nourriture, l'eau ou pour la recherche d'une protection contre un facteur défavorable ambiant ou contre un ennemi. On aboutit ainsi à une structuration de la biocénose sous la forme de niches écologiques. (51), (87)

En d'autres termes, c'est grâce à des échanges de tous types à travers l'espace, plus ou moins soutenus dans le temps, plus ou moins continus ou brusques, que l'écosystème peut fonctionner. Une représentation ponctuelle ou tout au moins moyenne est alors incapable de rendre compte des évolutions réelles de celui-ci. Il paraît donc singulier que les modèles de systèmes écologiques n'introduisent pas, sauf exception, l'espace-temps comme variable explicite alors que l'hétérogénéité fonctionnelle qui en découle est d'une grande importance aussi bien dans l'écosystème lui-même que dans les liens qu'il noue avec ceux qui lui sont adjacents. (39), (74)

Il s'agit aussi de définir une échelle de temps et d'espace lorsqu'on veut identifier un écosystème. Cette échelle sera arbitraire et valable seulement dans un contexte précis avec un objectif particulier. En effet, il n'existe pas d'échelle unique qui soit valide pour décrire les organismes, les populations et les écosystèmes. Ainsi l'espace-temps jouera à la fois le rôle de variable explicative et de système de référence.(56)

La notion d'échelle d'observation n'est en général pas mieux expliquée que celle d'espace-temps bien que les variables et paramètres soient, "dans l'esprit des modélisateurs, reliés à des domaines d'espace et de temps dans lesquels sont conçus les phénomènes étudiés. En admettant qu'un modèle est valable à une certaine échelle d'observation et un autre modèle à une autre échelle, la réalité inclut des interactions entre ces échelles, mais aucune des modélisations actuelles ne les prend en compte, sauf parfois conceptuellement et sans aboutir à un algorithme. Qui plus est, il semble qu'il n'y ait actuellement aucun moyen mathématique d'exprimer cette interaction autrement qu'au "coup par coup" c'est-à-dire en décrivant, dans chaque cas particulier, les instabilités et les bifurcations aux voisinages des points critiques (39 p 227-228)".

Le choix d'échelles d'espace-temps utiles, qui n'existent pas en nombre infini, est sans doute une des responsabilités principales de l'écologiste. Cette sélection est réalisée grâce à l'observation directe ou par l'analyse des données à l'aide d'instruments mathématiques, comme la géométrie fractale<sup>1</sup>, qui permettent de l'objectiver en analysant la variance spatiale et temporelle des caractéristiques d'un système et en y décelant des échelles communes à plusieurs processus, suggérant des couplages directs. Ces niveaux clefs d'intégration sont de "véritables interfaces dans le continuum des échelles". Elles "réalisent la fermeture de chaque sous-système et son emboîtement dans un sous-système plus vaste, fermé de la même façon. Toutes ces fermetures sont "produites" par le fonctionnement même du système et nous sont donc imposées. Cela peut se révéler d'une importance cruciale dans la gestion systémique : un paysage n'est pas dans tous les cas une échelle pertinente pour la gestion écologique" (39, pg. 332). (39), (56)

*A.2.4.4.2.) Implications relatives au choix d'échelles :*

On doit prendre en considération, une fois le choix de(s) (l')échelle(s) établi, le fait : (21), (39), (40), (52), (80)

- que l'échelle spatio-temporelle entre dans la définition de l'ensemble ciblé.  
La diversité n'est en effet pas la même quand on la mesure sur l'ensemble d'un lac ou sur une portion de celui-ci, sur une saison ou sur l'année entière. En effet, chaque fois que l'on augmente le domaine d'espace-temps d'échantillonnage, on introduit de nouvelles causes d'hétérogénéité et la diversité s'en trouve augmentée. Comparés, les indices de diversité n'auront donc de sens que si l'on précise le domaine d'espace-temps sur lequel on les a calculés.
- que plus encore que le changement des structures, ce sont les modifications des processus et de la dynamique qui caractérisent le passage d'une échelle à l'autre.
- que la multiplicité des processus fonctionnels et la subtilité de leurs connexions à travers les différentes échelles existant au sein d'un système écologique lui confèrent sa complexité en même temps qu'un certain degré d'organisation.

---

<sup>1</sup> La géométrie fractale est un outil très utile qui permet de palier les manques de la géométrie euclidienne (qui décrit le monde en terme de points) lorsqu'il s'agit de choisir une échelle d'observation pour des objets à la géométrie "inextricable" qui ont des formes extrêmement contournées et fractionnées et qui, par ce fait, s'interpénètrent et interagissent.

- qu'une hiérarchie des réponses d'une communauté va s'établir en fonction de l'échelle spatiale et temporelle à laquelle on se place.

Par exemple, le choix d'un  $\text{mm}^3$  comme espace de référence induit qu'on va s'intéresser à des phénomènes aux variations très rapides et souvent imprévisibles.

- que la perception des écosystèmes comme équilibrés ou non doit dépendre des échelles spatio-temporelles considérées et de la grandeur et de la durée de la perturbation.

Ainsi, quand on les examine dans un large contexte, les écosystèmes montrent quelques niveaux de comportements stables et une certaine homogénéité d'occupation de l'espace par le vivant.

- que le degré d'évolution concerne une échelle spatio-temporelle d'observation bien déterminée.

Un système d'interaction peut par exemple indiquer un fort degré de maturité et de complexité à une échelle d'interactions et une déstructuration par "rajeunissement" ou "sénescence" à d'autres échelles.

- que les efforts pour évaluer, protéger ou restaurer l'intégrité écologique des écosystèmes qui n'utilisent pas l'échelle appropriée sont voués à l'échec.

Ainsi, quand on n'observe pas un système à l'échelle spatio-temporelle adéquate, il peut s'avérer impossible de tirer des conclusions sur son intégrité.

#### A.2.4.5.) Conclusion :

Dans le texte sur l'espace, le temps et l'espace-temps, un certain nombre de notions peuvent être épinglées.

Il y a tout d'abord celle de finitude qui permet de se rendre compte que les ressources à notre disposition sont épuisables et sensibles à toute agression. De ce fait, dans la perspective de notre mémoire, cette notion est certainement à associer à celle de croissance démographique. Il faut aussi considérer la notion de temps "spirale" grâce à laquelle on peut mettre en évidence l'irréversibilité des phénomènes naturels en tenant compte de l'existence de cycles.

Enfin, il y a celle de la structure fractale du temps, de l'espace et de l'espace-temps, permettant de se rendre compte de la multiplicité des échelles utilisables et donc de la relativité de toute observation à un système de référence.

Dans le tableau présenté ci-dessous, nous avons synthétisé sous forme d'attributs, l'ensemble des éléments qui ont été identifiés dans notre description de l'écosystème.

#### B) Attributs essentiels du concept d'écosystème :

1.	<b>Étiquette</b>
2.	<b>Biocénose répartie en classes et dépendant des facteurs écologiques (abiotiques, biotiques, trophiques, spatiaux et temporels, autres...)</b>
3.	<b>Biotope réparti en classes et dépendant des facteurs écologiques (abiotiques, biotiques, trophiques, spatiaux et temporels, autres...)</b>
4.	<b>Réservoir réparti en classes et dépendant des facteurs écologiques (abiotiques, biotiques, trophiques, spatiaux et temporels, autres...)</b>
5.	<b>Unité écologique fonctionnelle liée aux structures spatiales et temporelles</b>
6.	<b>Environnement connaissant des interactions avec les sous-systèmes</b>
7.	<b>Ouvert (irréversible) lorsque ses limites spatio-temporelles ont été définies (et donc aussi l'échelle à laquelle on travaille) mais bénéficiant malgré tout d'une certaine autonomie</b>
8.	<b>Système de transformation ou non</b>
9.	<b>Système doté d'une certaine stabilité avec un fonctionnement qui s'inscrit dans un état d'équilibre dynamique, stationnaire ou oscillatoire.</b>
10.	<b>Structure temporelle "spiralee", fractale et irréversible</b>
11.	<b>Structure spatiale fractale</b>
12.	<b>Structure spatio-temporelle fractale</b>
13.	<b>Fonctions propres du système dont certaines sont essentielles pour l'homme (fourniture de biens, de services, d'emplois et d'information)</b>
14.	<b>Valeurs et fonctions de la biodiversité</b>
15.	<b>Système aux ressources épuisables (finitude), ne pouvant donc pas supporter une croissance démographique illimitée.</b>
16.	<b>Référents</b>
17.	<b>(En relation avec d'autres concepts scientifiques ou techniques)*</b>
18.	<b>(Outil discriminatif)*</b>
19.	<b>(Sens le plus univoque possible)*</b>
20.	<b>(Objectivé)*</b>

Dans le point suivant nous présentons les caractéristiques particulières du "concept d'écosystème lacustre", sujet central de ce mémoire, en veillant à poursuivre le travail d'attribution commencé pour le "concept", le "concept de système" et le "concept d'écosystème" sur lesquels la notion d'écosystème lacustre se fonde.

#### 1.3.2.1.4. L'écosystème lacustre :

Le concept d'écosystème lacustre est centré autour de la notion de lac. Nous allons donc commencer par définir ce dernier et expliquer de façon synthétique sa dynamique. Nous verrons après si l'on peut réduire l'écosystème lacustre à sa cuvette ou s'il est nécessaire d'en élargir les frontières.

##### A) Définition générale du lac :

###### A.1.) Généralités : (21), (38), (41), (54), (55), (57), (80), (88), (89), (90), (91), (92)

La dénomination de lac est généralement attribuée à un ensemble d'écosystèmes continentaux constitués d'une masse d'eau au temps de renouvellement suffisamment lent pour permettre l'émergence de certains processus qui seraient impossibles dans les eaux courantes. Il fait partie d'un réseau de drainage et a une profondeur suffisante pour permettre des phénomènes de stratification verticale. Le lac présente un environnement limité sans continuel échange de population avec les écosystèmes voisins et n'a pas d'accès direct avec la mer. Il se situe dans un bassin versant, correspondant à la totalité de l'aire de capture et de drainage des précipitations, qui lui fournit eau, matières organiques vivantes ou non et matières minérales par différents processus. Ceux-ci peuvent se résumer à une simple exportation par mouvement gravitaire ou à un travail actif des eaux qui ruissellent en surface, s'écoulent sous la surface ou percolent en emportant avec elles une certaine quantité de matière, dissoute ou non. Il est donc logique que les caractéristiques du bassin lacustre dépendent essentiellement de celles du bassin versant.

Les lacs de par leur position spatiale (réceptacle des eaux du bassin versant) et leur fonctionnement (sédimentation notamment) sont des "senseurs" et des "enregistreurs" de l'évolution globale de l'environnement.

A l'échelle des temps géologiques, un lac n'est qu'une formation transitoire. Sa durée de vie va de quelques siècles à des centaines de milliers d'années, selon sa profondeur notamment.

On distinguera les lacs formés par des processus naturels ou lacs naturels de ceux construits par l'homme ou réservoirs. Ces derniers ont été créés grâce à la mise en place de barrages ou de digues. Ils offrent des ressources en eaux et modifient l'environnement.

Beaucoup de lacs sont en réalité semi-artificiels comme de petits lacs naturels qui ont été élargis artificiellement par l'homme par la mise en place de digues.

Les lacs naturels sont de forme, de composition et de localisation très diverses. Il est donc difficile de leur trouver des traits invariants.

Les paramètres physiques permettant de caractériser un lac sont, notamment, sa longueur, sa largeur et sa profondeur maximale, sa longueur et sa profondeur moyenne, son volume, le temps de séjour des masses d'eaux<sup>1</sup>, son périmètre, son développement littoral<sup>2</sup>, sa surface, son profil topographique et sa courbe hypsographique<sup>3</sup>.

Lorsqu'on a admis que l'on avait bien un lac, puisqu'il a les propriétés qui viennent d'être citées et qu'on veut le caractériser de façon plus précise, on peut utiliser deux méthodes.

La première est la classification des lacs selon leurs classes (on parlera ainsi de lac de type "A" ou "AB" ou encore "C"). Elle est très synthétique mais n'est accessible que si un vocabulaire spécifique est connu.

La seconde vient compléter la première. Elle consiste en une zonation des lacs suivant leurs spécificités internes. On dira ainsi que le lac qui est de type "A" a la particularité d'avoir une zone 1 située à une profondeur de 3 mètres dans la colonne d'eau, que dans le lac de type "AB" cette même zone se situe à une profondeur de 50 cm et que le lac "C" quant à lui ne possède pas cette zone. Là aussi la connaissance d'un vocabulaire adéquat est nécessaire.

Ces deux méthodes ne se contentent pas d'être synthétiques puisqu'elles permettent aussi d'ordonner un savoir qui sans cela ne resterait qu'un amoncellement de données entre lesquelles on ne saurait faire de liens. Il est donc nécessaire d'utiliser ces méthodes si l'on veut comprendre les spécificités propres aux écosystèmes de type lacustre que ce soit au niveau morphologique ou fonctionnel.

Nous passons en revue les classifications des lacs et leurs zonations dans les deux points qui suivent (A.2. et A.3.).

---

<sup>1</sup> Dans certains cas, la distinction entre une rivière à courant lent et un lac à renouvellement rapide peut être ambiguë.

<sup>2</sup> Rapport entre le périmètre du lac et la circonférence d'un cercle de même surface que celle du lac.

<sup>3</sup> Graphique du rapport entre la surface et chaque incrément de profondeur.

## A.2.) Classifications les plus courantes des lacs :

La classification des lacs est un outil de synthèse et de dialogue<sup>1</sup> performant. Elle permet aux spécialistes de définir en peu de mots un lac selon des critères préalablement établis. Une fois le classement établi, une personne désireuse d'obtenir des connaissances sur un lac pourra déduire d'une simple phrase une bonne partie de ses caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et fonctionnelles. Par exemple la dénomination "Lac naturel tectonique très creux, monomictique holomictique chaud, eutrophe d'eau douce" qui peut paraître peu signifiante au premier abord est en réalité un concentré d'informations.

Dans les pages qui suivent, quelques classifications courantes des lacs sont données et leur intérêt respectif expliqué.

### A.2.1.) Classification suivant leur origine (pour les lacs naturels) : (22), (62)

L'origine du lac détermine pour une bonne part sa structure (taille et morphologie) qui elle-même conditionne largement les processus physico-chimiques et biologiques se déroulant dans et aux abords de la cuvette lacustre<sup>2</sup>.

Les grands types de lacs que l'on retrouve généralement sont :

- les lacs glaciaires.

Ils résultent du travail d'érosion des glaces, du remplacement de lentilles de glace sur des plateaux dans lesquels elles étaient insérées ou du barrage d'une vallée par une accumulation de moraines.

- les lacs fluviaux.

Ils proviennent de l'établissement de lacs dans des méandres abandonnés.

- les lacs volcaniques.

Ils occupent des retenues naturelles derrière des barrages formés par des coulées volcaniques ou sont installés dans des cratères.

---

<sup>1</sup> Pour autant que le vocabulaire utilisé ait la même signification pour les différents protagonistes.

<sup>2</sup> Voir notamment le point **B.1.2.3.** à la page 67 concernant les facteurs topographiques.

- les lacs karstiques ou lacs de dissolution rocheuse.

Ils sont formés par la percolation de l'eau dans des roches de composition particulière comme les calcaires.

- les lacs naturellement endigués.

Ils résultent, par exemple, d'un glissement de terrain barrant une vallée.

- les lacs de zone côtière.

Ce sont des pièces d'eau séparées de la mer à cause de la formation de cordons sablonneux.

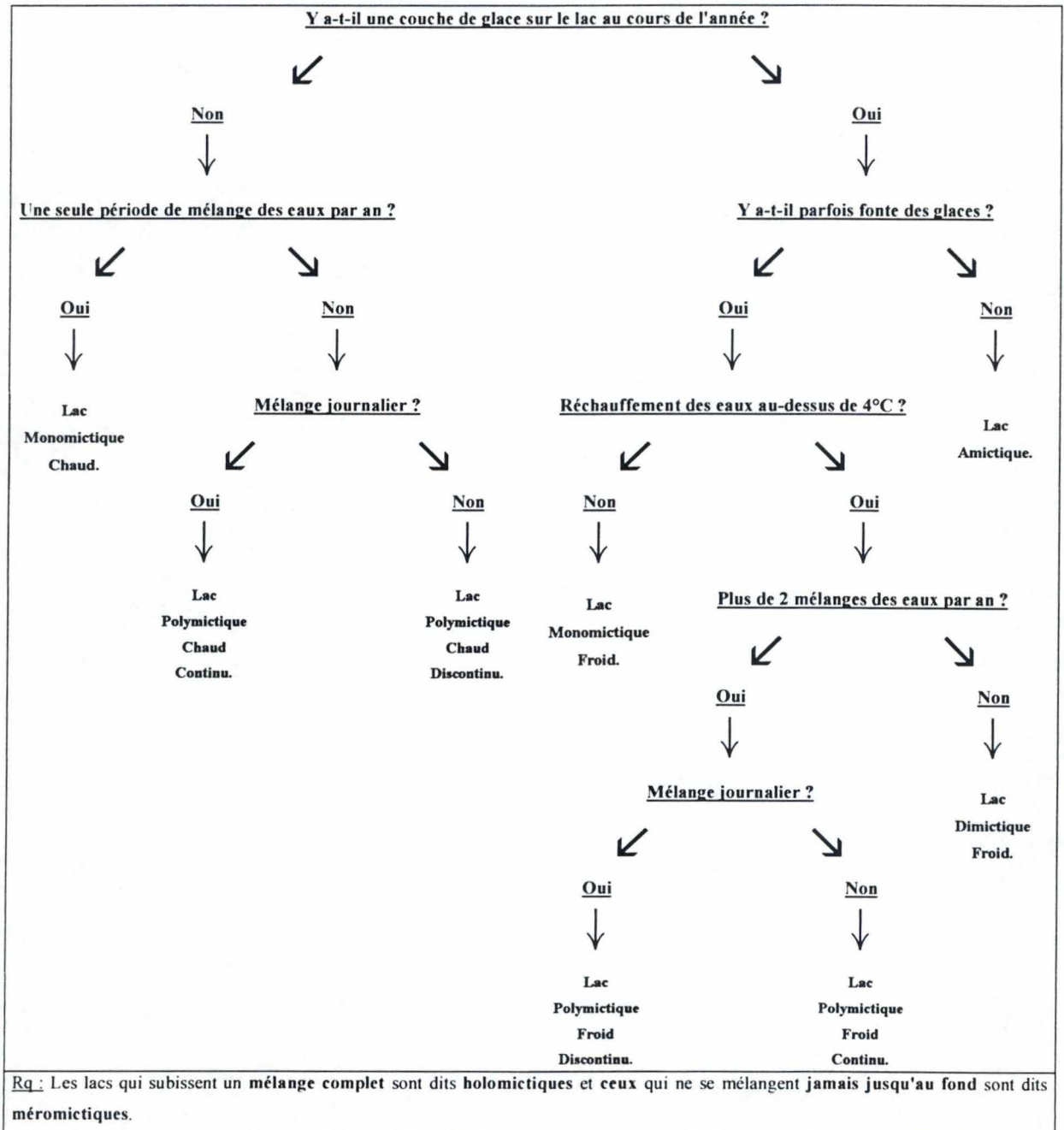
- les lacs tectoniques.

Ils sont créés par des mouvements à large échelle de la croûte terrestre continentale.



A.2.2.) Classification suivant leur structure thermique : (89), (Voir l'exemple de la figure 6)

La structure thermique<sup>1</sup> d'un lac est certainement une de ses caractéristiques majeures. La connaissance de celle-ci est donc d'un intérêt non négligeable.

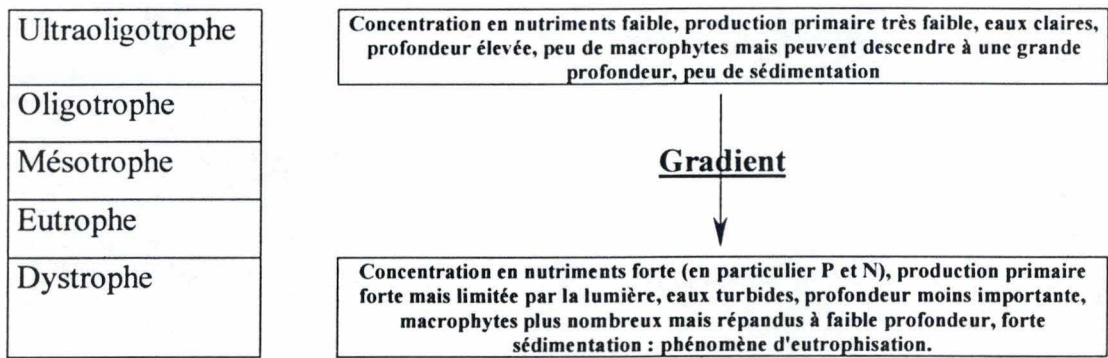


<sup>1</sup> Voir citation page 63.

A.2.3.) Classification suivant leur structure trophique : (21), (89)

Il y a ici différenciation des lacs par la mesure de la teneur en éléments minéraux nutritifs, notamment les orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) indispensables aux producteurs primaires et les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ). De cette teneur en minéraux dépend fortement la productivité globale du milieu.

Remarque : Pour une même concentration en nutriments par volume d'eau, les lacs profonds ont tendance à être moins eutrophes que les lacs de faible profondeur. C'est dû à la disponibilité plus grande des nutriments dans les lacs de faible profondeur.



L'eutrophisation, souvent perçue comme négative et anthropique<sup>1</sup>, est un phénomène qui se produit de façon naturelle dans les écosystèmes lacustres et n'est néfaste que lorsqu'elle est trop importante. Dans ce cas, des phénomènes d'anoxie peuvent apparaître et provoquer une destruction massive de la biocénose. Le pH peut augmenter fortement à cause de la photosynthèse<sup>2</sup> et provoquer des bouleversements de la physico-chimie des eaux comme la dissociation de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) en ammoniac toxique ( $\text{NH}_3$ ) et en ion hydrure ( $\text{H}^+$ ).

Nous venons de présenter les trois classifications qu'il faut, à notre sens, avoir en tête en premier lieu. Nous nous proposons d'en aborder encore deux (suivant l'indice de creux moyen et selon la salinité) qui montreront que toute classification est relative à un projet et que la prudence s'impose lorsqu'on est confronté à cet outil, que ce soit pour le communiquer ou le recevoir comme élément d'information.

<sup>1</sup> Voir "Bonne définition de concepts" page 18.

<sup>2</sup> Pour plus d'informations sur ce sujet, voir page 66.

**A.2.4.) Classification suivant leur indice de creux moyen 'Ic' : (88)**

Cet indice conditionne de nombreux processus physiques et notamment la possibilité de mélange des eaux. Un lac avec un indice de creux faible demandera, proportionnellement à un autre qui en a un élevé, peu d'énergie pour le mélanger verticalement.

L'indice se calcule comme suit :  $I_c = 1000 * \bar{Z} * A_0^{-1/2}$  avec  $\bar{Z}$  comme profondeur moyenne et  $A_0$  comme superficie.

<b>I<sub>c</sub></b>	<b>Nom attribué au lac :</b>
<b>&lt;0.1</b>	<b>Très plat</b>
<b>0.1 à 0.5</b>	<b>Plat</b>
<b>0.5 à 2.5</b>	<b>Normal</b>
<b>2.5 à 12.5</b>	<b>Creux</b>
<b>&gt;12.5</b>	<b>Très creux</b>

Si cet indice est intéressant, il faut tout de même remarquer :

- qu'un grand lac profond sur une très faible surface peut être classé dans les lacs plats puisqu'on prend en compte la profondeur moyenne.
- que la forte variation de niveau de certains lacs (dénivellation parfois supérieure à 10 mètres) peut modifier la valeur de cet indice au cours de la saison ce qui ne va pas sans présenter quelques inconvénients.

Comme on le voit ici, toute synthèse passe forcément par une contraction de l'information, et donc une perte de certains éléments dits "de détails" qui peuvent en fait se révéler cruciaux.

Passons, pour finir, à la classification des lacs suivant la salinité, qui plus que toutes les autres, peut semer le doute, la confusion ou même encore induire en erreur les personnes qui y sont confrontés.

A.2.5.) Classification suivant leur salinité<sup>1</sup> : (21)

Selon le critère de potabilité :		Concentration en NaCl en ‰	
<b>Eaux douces</b> (aptés à la consommation humaine)		0 à 0.3	
<b>Eaux saumâtres</b>	{	Oligohalines	0.3 à 3
		$\beta$ -mésohalines	3 à 5.5
		$\alpha$ -mésohalines	5.5 à 10
		Polyhalines	10 à 16.5
		Euhalines	16.5 à 22

Cette classification basée sur la concentration en NaCl, bien que d'une utilité non négligeable pour caractériser le lac, a surtout une valeur utilitaire. Le critère de classement utilisé ici est celui de la potabilité. Seules les eaux potables pour l'homme sont qualifiées de douces, les autres sont dites saumâtres jusqu'à une concentration de 22‰. Au-dessus de celle-ci on rentre dans le domaine des eaux marines puisque cela correspond à la limite inférieure de ce qu'on retrouve dans les mers fermées.

Suivant le critère écologique on donne souvent comme limite inférieure des biotopes d'eaux saumâtres une valeur égale ou supérieure à 3‰ à cause des modifications du fonctionnement de l'écosystème induit par de telles concentrations. Ainsi lorsque celle-ci est supérieure à 5‰, cela interdit le développement de la plupart des espèces végétales d'eau douce. Les agronomes ont aussi leurs propres normes car les écosystèmes terrestres résistent mieux à l'apport de sel que ceux d'eau douce.

Les lacs nommés 'lacs salés', sont ceux dont la concentration en sels est supérieure à 3‰. Il ne s'agit pas d'une mesure de la salinité, mais d'une mesure de la minéralisation<sup>2</sup>. Si les lacs salés correspondent majoritairement à des lacs dont la concentration en chlorure de sodium est élevée (50% des lacs salés), cette dénomination recouvre aussi les lacs où les concentrations en carbonates de sodium (22%), sulfates (18%) et magnésium (8%) sont fortes.

<sup>1</sup> Voir "Bonne définition de concepts" page 18.

<sup>2</sup> Concentration totale en sels dans l'eau, c'est-à-dire principalement les bicarbonates, les sulfates, les chlorures, le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium. (21)

Figure n°7 : (38)

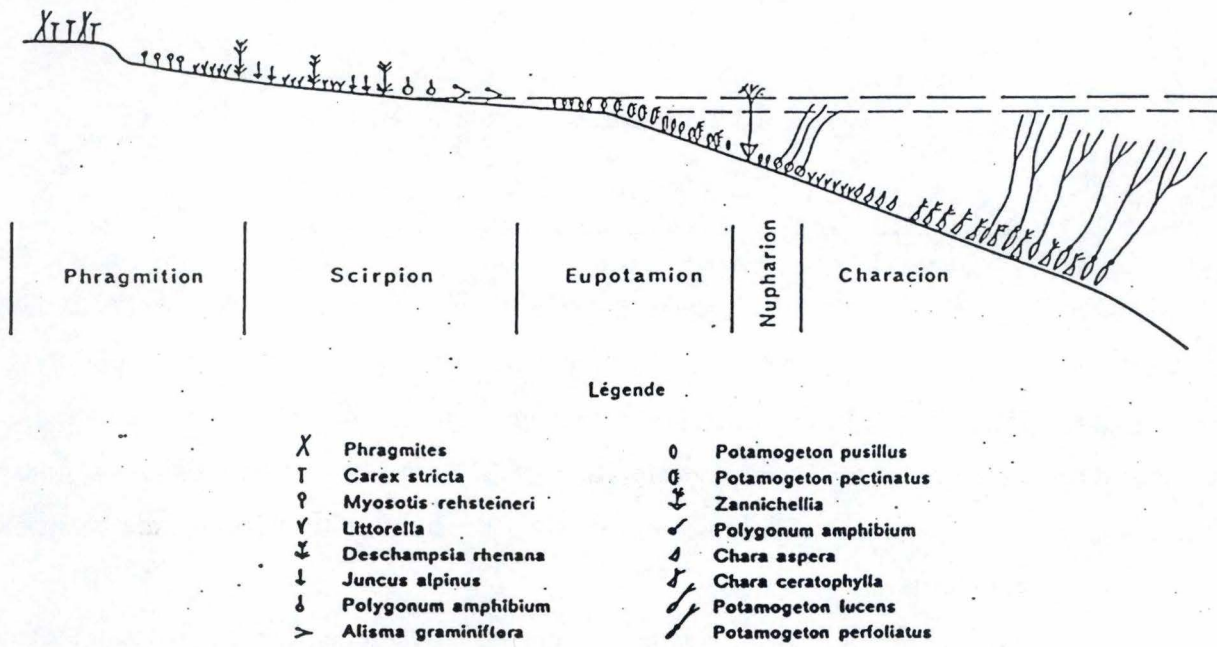


Figure représentant la zonation végétale dans et aux abords d'un lac donné.

En conclusion, on voit que cette première méthode de caractérisation des lacs, décrite à travers ces 5 classifications, est performante et aussi sûrement essentielle pour ordonner le savoir. Il n'en reste pas moins qu'elle peut aussi être un vecteur "d'obscurantisme social" s'il n'est pas précisé à quel projet elle est attachée. En effet un "profane" cherchant à comprendre l'information dont il dispose, va rapidement se trouver découragé si les explications qu'il reçoit l'emmène sur des "fausses pistes". Dans ce cas il aura rapidement le réflexe de "laisser ça aux mains de ceux qui savent", s'interdisant alors d'avoir la possibilité d'exercer son esprit critique.

Dans le point suivant, nous évoquons la seconde méthode de caractérisation des lacs et nous en étudions la portée.

### A.3.) Division du bassin lacustre en zones grâce à différents paramètres physiques, chimiques et topographiques :

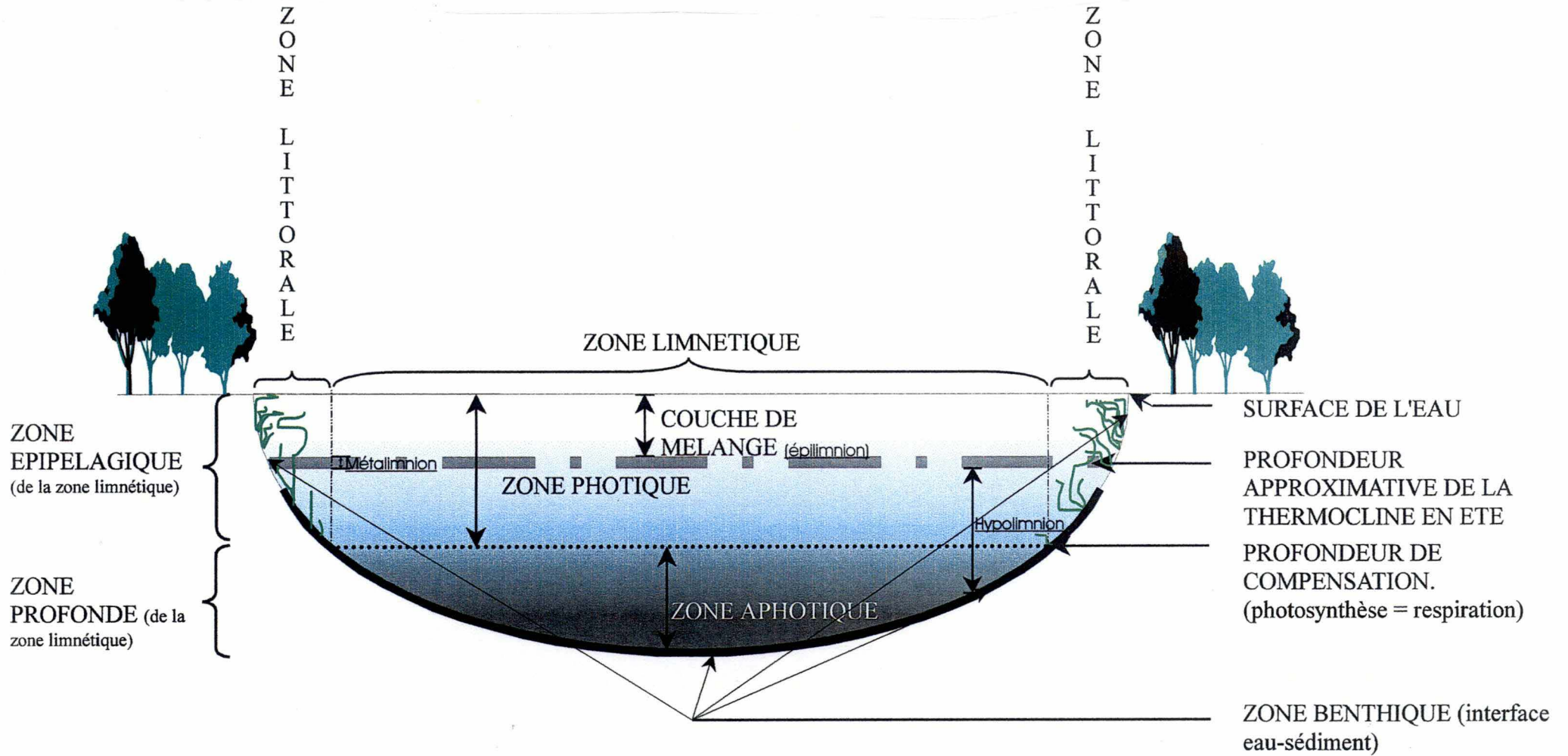
Les différentes zones qui vont être présentées ont toutes des caractéristiques biologiques et fonctionnelles particulières, si bien qu'on pourra les désigner selon le type de communautés qui y vivent ou selon leur fonction. Citons par exemple la zone eupotamiale, où l'on trouve des plantes enracinées et immergées, qui correspond à une partie de la zone riparienne (définie au dernier paragraphe de cette page). On parle aussi parfois de zone tampon pour décrire l'interface entre deux milieux comme c'est le cas d'une berge qui fait la transition entre un écosystème purement aquatique et un autre purement terrestre. (55), (76) (*Voir figure 7*)

Les paramètres de zonation les plus souvent cités sont : (21), (38), (55), (87), (88), (89), (92), (93), (94)

- La lumière, qui définit deux zones verticalement, dans la colonne d'eau: (*voir figure 8*)  
Une zone photique éclairée se situant au-dessus de la profondeur de compensation<sup>1</sup> (à laquelle le taux de respiration 'R' des producteurs primaires est identique à leur taux de photosynthèse (responsable de la production primaire brute 'Pb') de telle sorte que la production primaire nette 'Pn' y est nulle car  $Pn = Pb - R$ ).  
Une zone aphotique, parfois absente, qui se trouve dans une obscurité permanente.
- La morphologie du bassin lacustre et la lumière qui déterminent, horizontalement, premièrement la zone riparienne ou littorale, illuminée jusqu'au fond et envahie par une

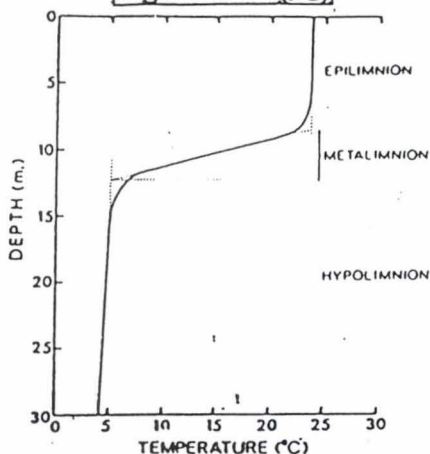
<sup>1</sup> Le point de compensation se trouve à une profondeur à laquelle l'intensité de la lumière ne correspond plus qu'à 0.1% de celle que l'on retrouve en surface.

Figure n°8



La situation présentée est typique des petits lacs tempérés en été.

Figure n°9 : (93)



Stratification thermique typique d'un lac en été.

Figure n°10 : (21)

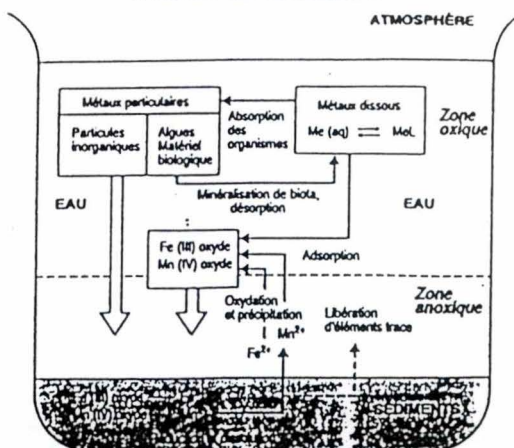
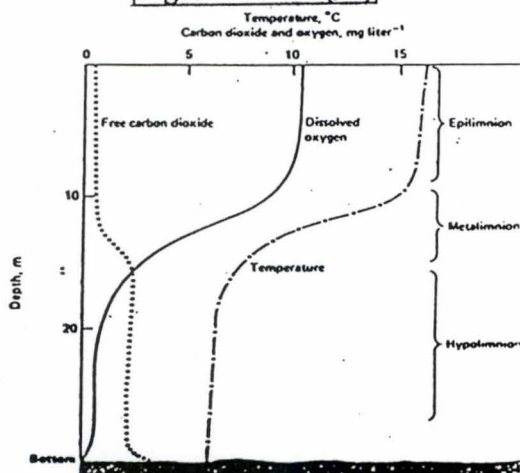


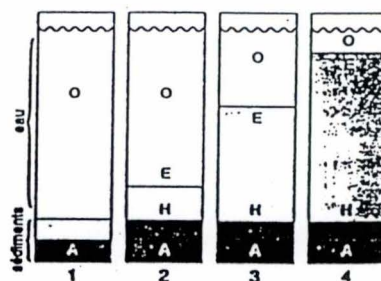
Figure représentant une coupe verticale d'un lac connaissant une stratification en oxygène. Les zones oxygènes et anoxiques sont séparées par l'oxycline représentée en pointillés. Dans la zone anoxique, le fer et le manganèse des sédiments passent sous forme réduite et soluble. En revanche quand ces formes dissoutes passent au-dessus de l'oxycline, elles sont oxydées et précipitent à l'état particulaire.

Figure n°12 : (94)



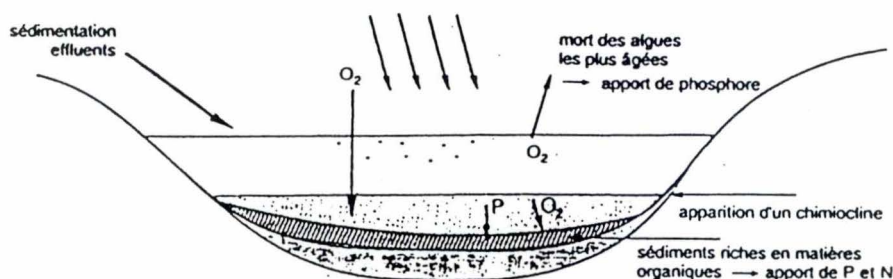
On voit ici qu'en période de stratification thermique dans un lac eutrophe, le métalimnion se retrouve bien superposé avec l'oxycline. On remarque aussi sur ce schéma que le CO<sub>2</sub> libre est en plus grande concentration sous la thermocline, ce qui est normal puisqu'il n'y est pas utilisé par la biocénose phototrophe.

Figure n°11 : (21)



Représentation de la variation de la teneur en oxygène dans la colonne d'eau dans le biotope lentique en fonction de la profondeur. Les lacs oligotrophes (1) ont une oxycline qui se trouve dans le sédiment. Il n'y a donc pas de zone anoxique (A) dans la colonne d'eau. Les lacs dystrophes (4) ont une zone oxygène (O) très petite en été car la position de l'oxycline en hiver (E) est très haute. En hivers l'oxycline se retrouve sur le sédiment (H) et toute la colonne d'eau contient de l'oxygène.

Figure n°13 : (76)



Cette coupe d'un lac dystrophe montre l'existence d'une chimiocline superposée à une oxycline. A cause de l'apport excessif de nutriments, une biomasse algale importante se développe. Lorsque cette dernière meurt, elle se retrouve alors sur le sédiment et y est dégradée par des bactéries aérobies, ce qui consomme beaucoup d'oxygène. Le fond se retrouve donc privé de cet élément, ce qui provoque l'apparition d'une oxycline. Sous cette dernière, la concentration en nutriments réducteurs est très élevée et la densité des eaux est beaucoup plus importante qu'à la surface. Les eaux denses du fond ne se mélangent pas avec celles de surface.

végétation amphibie et hydrophytique et secondement la zone limnétique, qui n'est pas toujours présente, "au large" dont le fond est sous la profondeur de compensation. La zone limnétique peut se diviser verticalement en une zone épipelagique de surface toujours présente et une zone profonde, parfois absente, qui ne reçoit jamais de lumière. Au fond, se trouve aussi une zone benthique (interface eau-sédiment, quelle que soit la profondeur) illuminée ou non. (*Voir figure 8*)

- La température de l'eau qui définit les zones thermiques stables de la colonne d'eau, sans contact entre elles, que sont l'épilimnion et l'hypolimnion, séparées par le métalimnion (ou thermocline). (*Voir figure 8 et 9*)

La thermocline est une zone située à une profondeur variable et qui est caractérisée par une variation brutale de la température des eaux. Elle délimite deux couches, une chaude qui "flotte" et une froide de densité plus élevée qui "coule" et se retrouve donc au fond du lac. Elle a une "durée de vie" allant de quelques heures à une permanence totale, selon les conditions climatiques (ensoleillement, vent) et la topographie (profondeur entre autres) du bassin lacustre.

La thermocline constitue une barrière horizontale s'opposant à tout mélange entre l'épilimnion et l'hypolimnion. Seuls le mouvement gravitaire, de la surface vers le fond, et le déplacement actif de certains organismes vivants de taille suffisante (du bas vers le haut et inversement) restent possibles.

- Le taux d'oxygène dans l'eau qui définit une zone oxique et une zone partiellement ou totalement anoxique séparées par l'oxycline. (*Voir figure 10*)

L'oxycline est la zone de transition brusque séparant les eaux superficielles bien oxygénées et les eaux profondes déficitaires de cette substance. La teneur en O<sub>2</sub> dissous dans l'eau varie selon le climat et l'état trophique du lac. Il est donc possible que cette oxycline n'existe pas dans la colonne d'eau, mais se retrouve sur la couche sédimentaire du fond, voire à l'intérieur de celle-ci. S'il n'y a pas d'oxycline, cela veut donc dire que la totalité du bassin lacustre est bien oxygénée. (*Voir figure 11*)

En période de stratification thermique, l'oxycline se trouve plus ou moins superposée avec le métalimnion puisqu'il n'y a plus d'exportation d'O<sub>2</sub> dissous de la surface vers le fond. (*Voir figure 12*)

- La teneur en éléments minéraux qui permet d'établir une chimiocline séparant une zone de surface pauvre en un ou plusieurs éléments dissous d'une zone riche profonde. Un gradient de densité se superpose au gradient chimique. (*Voir figure 13*)

Un cas particulier de chimiocline s'observe dans les lacs où il existe une oxycline car la variation des conditions oxydoréductrices de part et d'autre de cette dernière modifie considérablement l'état d'autres constituants chimiques des eaux (Fe, FeS<sub>2</sub>, Mn, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>3</sub>...).

- La teneur en éléments dissous et la profondeur<sup>1</sup>, dans les lacs méromictiques<sup>2</sup>, déterminent verticalement deux zones. D'une part le mixolimnion qui est une couche d'eau mélangeable, parfois de faible densité. D'autre part le monimolimnion qui n'est jamais mélangé et est donc constitué d'eaux stagnantes anoxiques. Ce dernier peut être de forte densité en raison de l'importante concentration en solutés des eaux qui se trouvent sous la chimiocline, empêchant le mélange et la circulation des masses d'eau. Dans ce cas la profondeur ne doit pas forcément être élevée.

Cette deuxième méthode permet de mieux comprendre l'organisation d'un lac et surtout les phénomènes de stratification diverses qui s'y produisent. Malheureusement elle demande, elle aussi, la connaissance d'un vocabulaire qui n'est ni facilement accessible ni très "parlant". Le recours au schéma devrait permettre d'aider à surmonter cette difficulté.

Le lac étant défini, nous décrivons au point suivant les facteurs écologiques déterminant le fonctionnement des écosystèmes lacustres, toujours dans le but de pouvoir identifier les attributs qui leur sont propres.

---

<sup>1</sup> Celle-ci peut entraver le mouvement des eaux si elle est trop grande.

<sup>2</sup> Pour plus d'informations sur ce sujet, voir page 56.

Figure n°14 : (94)

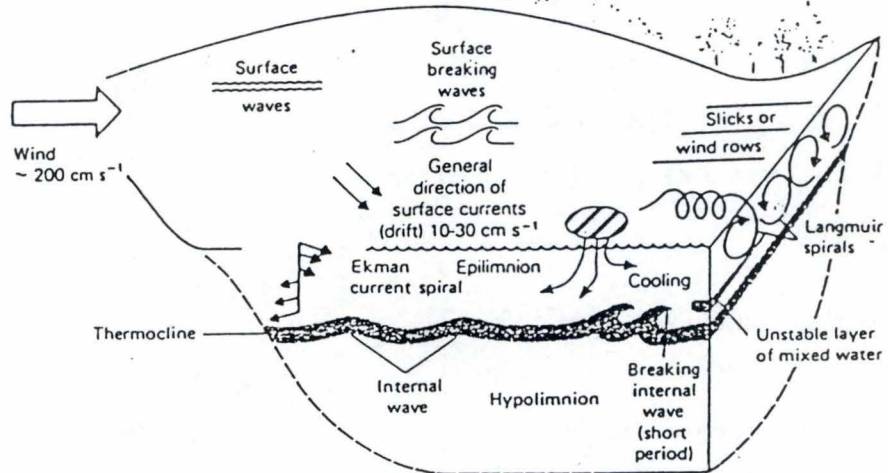
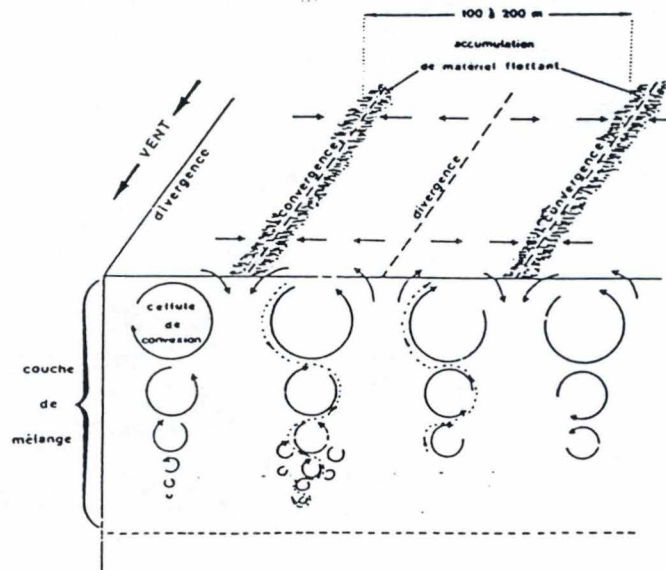


Schéma général présentant les diverses forces agissant sur un plan d'eau ainsi que leurs effets respectifs. Le vent (wind) crée, selon sa force, de petites et de grandes vagues à la surface (surface waves, surface breaking waves) et des mouvements au niveau de la thermocline de plus ou moins grande amplitude (internal wave, breaking internal wave). Il favorise aussi l'évaporation de surface, ce qui refroidit l'eau (cooling) qui augmente alors de densité et coule vers le fond du lac. Il est aussi à la base des spirales de Langmuir (Langmuir spirals) qui sont visualisables en surface par des "bandes" parallèles au vent (Slicks). Le vent induit aussi la formation de courants de surface (general direction of surface currents) dont la direction générale peut dévier (drift) (vers la droite dans l'hémisphère Nord et vers la gauche dans l'hémisphère Sud) par rapport à la sienne à cause de la force de Coriolis (due à la rotation de la terre). D'autre part, la force de Coriolis dévie le courant de plus en plus au fur et à mesure que l'on s'enfonce dans la colonne d'eau. Comme ce phénomène s'additionne aux forces de frottement qui diminuent la vitesse du courant quand la profondeur croît; il en résulte que la distribution des vitesses et des directions d'un courant de vent aux différentes profondeurs s'ordonne suivant une spirale dite d'Ekman (Ekman current spiral).

Figure n°15 : (39)



Lorsqu'un vent fort et régulier a soufflé depuis quelques jours à la surface d'un grand lac, il apparaît un régime régulier de brassage des eaux appelé circulation de Langmuir. Des cellules de convection relativement permanentes apparaissent, sous la forme de cylindres d'eau axés parallèlement au vent, et tournant sur eux-mêmes alternativement dans un sens et dans l'autre. Cette circulation est souvent visualisée en surface par des bandes parallèles au vent, formées par des films de matières organiques diverses flottant et s'accumulant le long des lignes de convergences.

## B) Facteurs influençant le fonctionnement d'un lac :

### B.1.) Les facteurs abiotiques :

#### B.1.1.) Climatiques :

La localisation géographique du lac conditionne notamment le climat et donc des paramètres comme le vent et la circulation des eaux, la température des eaux, les apports météoriques et l'ensoleillement.

##### B.1.1.1.) La température :

"Une des plus importantes et des plus intéressantes caractéristiques d'un lac est sa structure thermique. Le contenu en chaleur d'une masse d'eau est d'une importance vitale en limnologie. Le métabolisme, la physiologie et le comportement des organismes aquatiques sont directement liés à la température du milieu. Les températures extrêmes restreignent la croissance et la distribution des plantes, des animaux et des microbes. Grâce à la forte chaleur spécifique de l'eau, de grands volumes de celle-ci subissent de lentes variations de température. Ainsi, les grands lacs ont tendance à modérer les climats locaux et à procurer à la vie aquatique une plus longue saison de croissance [...]. Pour ces raisons et bien d'autres, la structure thermique et le contenu calorique des masses d'eau doivent être connus avec une certaine précision dans les études limnologiques." (95, pg.12)

##### B.1.1.2.) Le vent : (21), (88), (89), (94)

Le transfert d'énergie généré par le vent provoque des mouvements de turbulence<sup>1</sup> et d'oscillation<sup>2</sup>, la formation de vagues, l'apparition de courants non unidirectionnels et de structures cellulaires aux mouvements spiralés appelées "cellules de Langmuir" (*voir figures 14 et 15*). Ces différents déplacements des eaux ont un rôle déterminant pour le renouvellement en oxygène du bassin lacustre et pour la mise en contact des éléments nutritifs avec la biocénose. Ils peuvent aussi permettre d'éviter une sédimentation trop rapide du plancton et jouer ainsi un rôle non négligeable dans le rapport photosynthèse/respiration puisqu'ils transportent le plancton des zones éclairées aux zones sombres et inversement.

<sup>1</sup> Friction entre deux couches d'eau qui se déplacent dans des directions opposées. (89)

<sup>2</sup> Basculement du métalimnion. (89)

**B.1.1.3.) Les apports météoriques : (21), (55)**

Les apports météoriques rassemblent les précipitations sous ses diverses formes (pluie, neige, grêle, brouillard, etc.). Ils offrent une alimentation en eau directe et indirecte, par le bassin versant. Ils sont la condition même d'existence du lac avec la cuvette dans laquelle ils se déversent. Une fois le bassin lacustre établi, ils permettent de compenser les phénomènes d'exportation d'eau depuis le lac vers l'atmosphère ou vers les écosystèmes environnants. Ils sont aussi à la base du phénomène de marnage<sup>1</sup> qui correspond à la variation du niveau de l'eau en fonction des périodes de crue ou d'étiage. Si ces modifications du niveau de l'eau sont trop fréquentes, cela accentue l'érosion des sols et peut empêcher l'installation de végétation dans la zone riparienne.

**B.1.1.4.) L'énergie lumineuse : (21), (39)**

Elle constitue la source même du flux d'énergie qui circule dans tout écosystème. La luminosité désigne l'importance du flux lumineux et donc son énergie, dans un biotope donné. Elle conditionne de nombreux processus biologiques et physiques que ce soit de façon directe ou indirecte et qu'il s'agisse par exemple du cycle de l'eau ou de photosynthèse. La connaissance de la variation verticale de la pénétration de la lumière est un paramètre à prendre en considération puisqu'il contrôle l'activité photosynthétique qui est le processus fondamental de production de biomasse dans le plan d'eau.

**B.1.2.) Non climatiques :**

**B.1.2.1.) Edaphiques :**

***B.1.2.1.1.) La composition physico-chimique du bassin versant : (55), (96)***

La composition physico-chimique du bassin versant, par le travail des apports météoriques, va induire des modifications de celle de l'eau du bassin lacustre. L'utilisation du bassin versant par l'homme peut accélérer ou freiner le processus d'érosion des sols générateur de particules minérales et organiques, de dissolution des roches qui engendre des éléments dissous et de lessivage des sols agricoles, vecteurs de C, N et P notamment. L'action directe de l'homme sur le bassin versant a donc des conséquences indirectes sur le bassin lacustre.

---

<sup>1</sup> Du moins pour les lacs où il n'y a pas de captage d'eau. En effet celui-ci induit une variation artificielle du niveau du bassin lacustre.

*B.1.2.1.2.) L'origine de la matière organique : (21), (87)*

L'origine de la matière organique, allochtone ou autochtone, présente dans l'eau et le sédiment, conditionne les processus de sa biodégradation et de son utilisation. Sa forme peut être dissoute ou particulaire et son type ionique, humique ou autre (feuilles, branchages, etc). Ses propriétés physico-chimiques sont sa sédimentabilité, sa charge, son affinité pour l'eau, etc. Un lac dont la totalité de la matière organique est d'origine endogène est dit autotrophe.

**B.1.2.2.) Hydrologiques :**

*B.1.2.2.1.) Les propriétés générales de l'eau : (21), (87), (88), (89)*

Les propriétés générales de l'eau (densité, résistance à la pénétration du rayonnement lumineux, chaleur spécifique élevée, propriété de solvant, viscosité...) et sa composition en matières minérales (éléments majeurs<sup>1</sup>, nutriments<sup>2</sup>, oligo-éléments<sup>3</sup>) et organiques doivent être prises en compte dans le fonctionnement de l'écosystème lacustre constitué pour une majeure partie de cet élément aqueux.

La composition en éléments minéraux des eaux est contrôlée premièrement par les mécanismes d'apparition que sont la dissolution des roches du bassin versant, les apports météoriques et anthropiques directs ou non, le mouvement des masses d'eau qui provoque des ressuspensions, l'évaporation, les mécanismes chimiques (oxydoréductions, contrôle par le pH, complexation...), les interactions physiques (désorption, adsorption...) et les mécanismes biologiques dont l'excrétion, la décomposition, la minéralisation et l'activité bactérienne sont de bons exemples. Secondement, elle l'est aussi par les processus de disparition que sont la sédimentation, les mécanismes biologiques (assimilation, activité bactérienne), quelques mécanismes chimiques (oxydoréductions, contrôle par pH...), certaines interactions physiques comme l'adsorption et les mécanismes d'exportation par les émissaires du lac, notamment.

---

<sup>1</sup> Eléments dont la présence est nécessaire en quantité élevée comme le calcium le magnésium, le soufre et le fer mais qui ne sont pas limitants car toujours présents en concentration plus ou moins équivalente. On dit donc qu'ils sont conservatifs.

<sup>2</sup> Eléments biogènes (constitutifs de la matière vivante) dont les sels sont indispensables pour assurer la nutrition minérale des autotrophes : 'N' assimilé sous forme de nitrates ou de sels d'ammonium, 'P' sous forme d'orthophosphates solubles, 'Si' sous forme d'acide orthosilicique provenant de la dissolution de SiO<sub>2</sub> et des silicates. Leur disponibilité étant variable, ils constituent souvent un élément limitant de la productivité des milieux aquatiques et ce surtout en période de stratification des eaux où ils ne sont pas renouvelés une fois épuisés. On dit donc qu'ils sont non conservatifs.

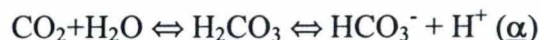
<sup>3</sup> Eléments nécessaires seulement en très faible concentration comme le silicium, le cobalt ou le zinc. Ils ne sont donc pas limitants.

B.1.2.1.2.) *Les gaz dissous : (21), (76), (87), (88), (89), (96)*

La concentration en gaz dissous conditionne en grande partie la vie aquatique, directement ou indirectement. La profondeur modifie la concentration en gaz dissous puisque celle-ci augmente parallèlement à l'augmentation de pression.

Le dioxyde de carbone, tout comme l'oxygène<sup>1</sup>, est fondamental. Le carbone est l'élément biogène majeur. Dans l'atmosphère on le retrouve sous forme de CO<sub>2</sub>. Sa forme dissoute dans l'eau, l'acide carbonique (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), provient du contact entre l'atmosphère et l'eau mais aussi de la respiration de la biocénose aquatique.

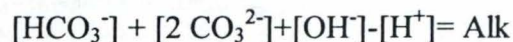
Le dioxyde de carbone est transformé en ion bicarbonate par la réaction :



Selon le pH, le bicarbonate peut se transformer en ion carbonate. Il est à remarquer que le bicarbonate et les carbonates peuvent aussi être d'origine allochtone (dissolution des roches). Ils sont alors souvent associés à un cation comme le calcium. Le CO<sub>2</sub> dissous, les carbonates et les bicarbonates peuvent être utilisés par la biocénose autotrophe pour produire ses propres chaînes carbonées.

Le pH des eaux lacustres dépend beaucoup de la concentration des formes dissoutes du carbone dans l'eau<sup>2</sup>. Le pH, par définition<sup>3</sup>, étant la mesure de la concentration en ions H<sup>+</sup>, on se rend compte en regardant l'équation d'équilibre ' $\alpha$ ' présentée plus haut que toute disparition du dioxyde de carbone (grâce à la photosynthèse notamment) fait monter le pH et que son apparition, par la respiration notamment, le fait descendre. Or le pH influence lui-même la biocénose et le biotope de diverses manières (perte de la vie dans les eaux trop acides, disponibilité de certains ions, etc).

Grâce aux formes dissoutes du carbone, on peut aussi définir l'alcalinité par la formule :



Or une eau alcaline a un pH stable car elle a un pouvoir tampon important<sup>4</sup>. Si le bassin lacustre contient un taux élevé de bicarbonates, grâce à un apport par les roches de carbonate de calcium par exemple, il sera bien tamponné et favorisera donc la vie en son sein. En effet, les systèmes

---

<sup>1</sup> Voir page 61

<sup>2</sup> Il dépend aussi, en moindre mesure, des sulfures apportés par les volcans, du NH<sub>3</sub>, du H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, du HNO<sub>3</sub> qui acidifient les eaux

<sup>3</sup> pH = potentiel en Hydrogène =  $-\log_{10} [\text{H}^+]$

<sup>4</sup> Dans l'équilibre CO<sub>2</sub>-hydrogénocarbonates-carbonates, toute variation de pH est amortie par la mise en solution ou la précipitation de carbonates.

Tableau n°2 : (76)

pH	Décomposeurs	Végétaux macrophytes (algues filamenteuses)	Phytoplancton	Zooplancton	Mollusques	Insectes et autres invertébrés	Amphibiens	Poissons
6,5		Multiplication de Mougeotia		Accroissement de l'abondance de rotifères acidotolérants	Raréfaction de certaines espèces de bivalves et de pulmonés			Ralentissement de la croissance et de la reproduction de la truite de lac
6					Disparition de diverses espèces de bivalves et de gastéropodes		Difficulté de reproduction des salamandres	Décès des populations de truite arc-en-ciel et de brook
5,5		Accroissement de l'abondance d'algues filamenteuses	Raréfaction rapide des diatomées et chlorophytes	Raréfaction des Daphnia, copepodes, disparition de certaines espèces planctoniques		Arrêt de la reproduction de diverses espèces d'éphémères et d'écrevisses		Extinction de population de truite arc-en-ciel et raréfaction de la truite de lac et de brook
5	Accroissement de l'abondance de champignons aquatiques	Feutrage dû à la prolifération de cyanophytes et d'algues verte	Réduction de la biomasse et diversité du phytoplancton	Forte réduction de la productivité du zooplancton	Disparition de la plupart des mollusques bivalves et pulmonés	Accroissement des insectes amphibiens larves Odonate, disparition des sangsues		Disparition de la truite de brook, du doré, fort déclin du saumon atlantique
4,5	Ralentissement du métabolisme des bactéries aérobies	Déclin de certains hydrophytes (Potamogeton)	Disparition des diatomées			Disparition des éphémères et des perches		
4,2							Disparition des anoues	Disparition du brochet
4		Ralentissement considérable de l'activité photosynthétique						Disparition de la perche soleil
3,5	Ralentissement considérable de l'activité bactérienne				Disparition totale des mollusques	Disparition totale des écrevisses	Disparition totale des amphibiens	Disparition totale des poissons

\* Dont, nom canadien du « walleye » - Stizostedion vitreum.  
 - Lepomis gibbosus (Centrarchidae).

Effets de l'acidification des eaux continentales sur les constituants majeurs des communautés aquatiques.

Figure n°16 : (96)

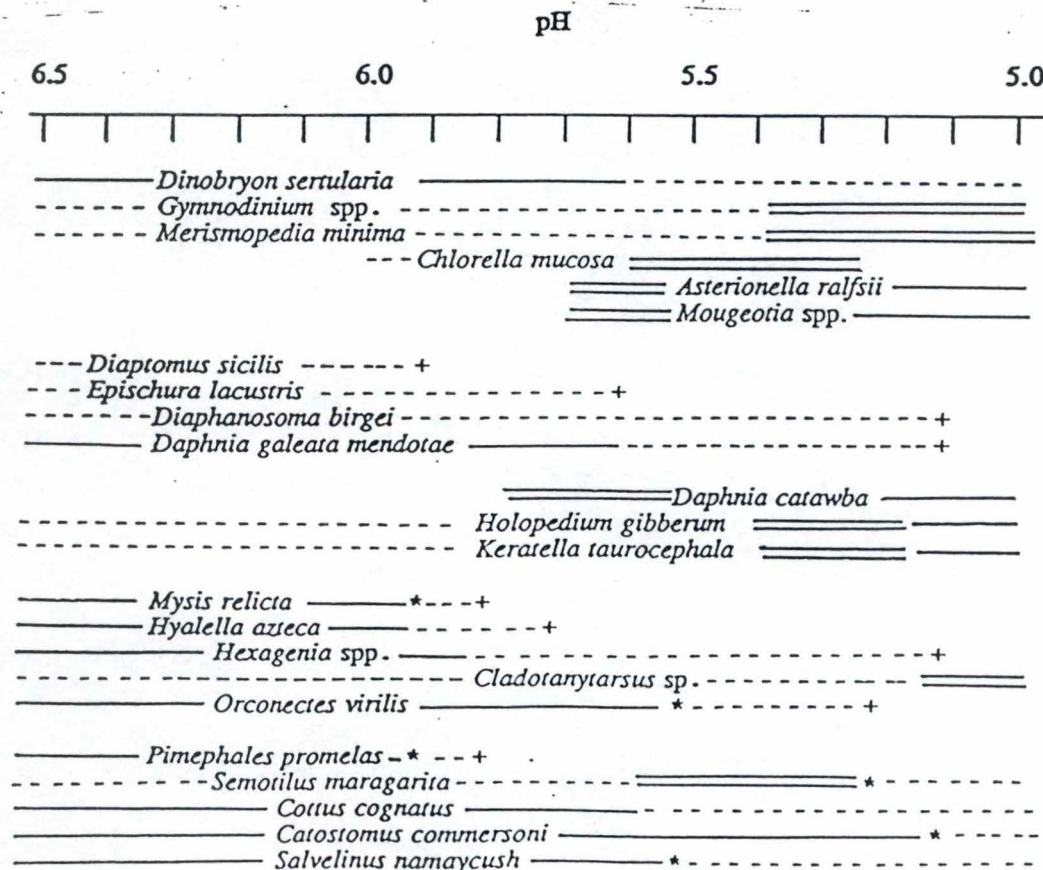


Figure représentant la survie d'organismes dans un lac après une acidification artificielle. Les lignes simples représentent les populations normales, celles en pointillés les populations en décroissance et celles qui sont doubles les populations en croissance. (\* \* \* = plus de reproduction; " + " = extinction).

vivants ne sont stables qu'autour d'une valeur de pH. L'activité cellulaire et les réactions enzymatiques ne se déroulent efficacement que dans un intervalle étroit de pH. (*Voir le tableau 2 et la figure 16*)

#### B.1.2.3.) Topographiques : (21), (83), (88), (97), (98)

Les caractéristiques topographiques du bassin lacustre et notamment la profondeur, sont des facteurs écologiques qui dépendent directement de l'origine du lac<sup>1</sup>.

La profondeur intervient dans tous les phénomènes de stratification et dans certains processus biologiques.

Si la profondeur est faible, la production primaire sera surtout constituée de macrophytes tels que les nénuphars et les roseaux qui ne sont que très partiellement consommés par les herbivores surtout à cause de leur contenu en fibres difficiles à biodégrader. La production primaire de tels écosystèmes est plus élevée que celle de ceux à dominante planctonique et le réseau des détritivores y est favorisé.

La taille du bassin lacustre est importante. En effet, la diversité physique et biologique ainsi que les phénomènes de recyclage interne sont souvent plus prononcés dans les grands lacs<sup>2</sup> que dans les bassins lacustres de taille plus faible. Leur fonctionnement et leurs utilisations sont fort différents de ceux de taille inférieure. Les grands lacs sont plutôt plus profonds que les petits et ont un développement littoral plus grand. Ils ont un rapport surface/volume plus petit ce qui induit une plus grande stabilité thermique. Ils ont généralement un temps de rétention des eaux plus long. L'importance de leur surface va avoir des conséquences sur la prise au vent et sur la pression atmosphérique au-dessus du lac qui peut y connaître un gradient horizontal, ce qui va créer des mouvements particuliers des eaux qui n'existent pas dans les lacs moins étendus, lors de la variation de ces deux paramètres. Ils peuvent connaître une relative hétérogénéité horizontale de leurs propriétés physiques.

Les interactions continues et intenses entre les phénomènes hydrodynamiques<sup>3</sup> et les entités biologiques sont à la base des processus qui déterminent la structure et les fonctions écologiques dans les grands lacs et ce de façon beaucoup plus considérable que ce qui peut exister dans les lacs de petite taille.

---

<sup>1</sup> Voir "Classification suivant leur origine (pour les lacs naturels)" pages 54-55 et "La 'naturalité' du lac" page 70.

<sup>2</sup> Sont dénommés 'grands lacs' ceux dont la surface est supérieure à 500 km<sup>2</sup>.

<sup>3</sup> Les phénomènes hydrodynamiques sont étudiés par l'hydrodynamique, "discipline qui étudie les phénomènes physiques propres à l'écoulement de l'eau ainsi qu'au déplacement de corps immergés." (21, p. 289)

## B.2.) Les facteurs biotiques :

### B.2.1.) L'homme : (26), (99)

Les actions de l'homme sont nombreuses, directes ou indirectes, bénéfiques ou non. Les pollutions qui lui sont imputables et leurs effets sont rarement visibles à l'œil nu et sont donc difficilement appréhendables par le grand public. Citons par exemple les pollutions thermiques, radioactives, sonores, toxiques et bioaccumulables.

Dans ce cas, le citoyen est "dépossédé de ses sens" et doit donc s'en remettre au spécialiste qui est chargé de la détection et de l'analyse scientifique des risques.

Les politiques, pour leur part, peuvent aggraver les problèmes décelés en prenant des décisions contraires au principe de gestion durable.

### B.2.2.) Le type de communauté vivante : (21), (55), (87), (89)

Dans les lacs, l'association de la lumière et de l'eau est très propice au développement d'organismes unicellulaires photoautotrophes qu'on retrouvera donc généralement en grande quantité sauf dans les milieux de très faible profondeur où la lumière atteint le fond et où il y a généralement prédominance d'organismes pluricellulaires : les macrophytes. Le phytoplancton qui est, en général, à la base de la chaîne alimentaire des lacs contient un faible taux de cellulose et une forte teneur en protéines et ses consommateurs sont tous poïkilothermes ce qui permet d'obtenir un rendement global du système souvent plus élevé que dans les écosystèmes terrestres. Plus le phytoplancton est favorisé par rapport aux macrophytes, plus la chaîne des détritivores est faible car la biomasse de végétaux non utilisée est réduite.

Le taux de renouvellement de la biomasse, qui fait intervenir le facteur temps dans les transferts d'énergie est élevé dans le milieu aquatique où dominant des espèces de petite taille comme les copépodes, les rotifères et les cladocères et aussi des organismes unicellulaires comme le phytoplancton, dont la vie moyenne est particulièrement courte en période chaude pendant laquelle elle peut n'être que de quelques heures seulement et même en période froide ou elle excède rarement une ou quelques semaines.

La composition biocénotique du bassin versant influence le biotope et les organismes vivants du bassin lacustre. Un bassin versant sur lequel pousse une forêt n'aura pas la même incidence qu'un autre avec des pâturages ou des habitations. De plus, on retrouve souvent dans le bassin versant, à la frontière entre l'écosystème aquatique et terrestre un type particulier de système nommé écotone, caractérisé par une grande biodiversité et conditionné par des facteurs relatifs à l'hydrodynamique.

### B.2.3.) Le degré d'hétérotrophie : (21)

Le degré d'hétérotrophie biologique est calculé en faisant le rapport 'P/R' entre la photosynthèse 'P' et la respiration 'R'.

Il peut arriver, dans une biocénose, que l'activité des hétérotrophes excède celle des autotrophes. Dans les milieux eutrophes où une production primaire excessive est suivie d'une mort massive, ce surplus est fonction de la période du cycle annuel. Ce type de fonctionnement peut aussi avoir lieu lorsque surgit un facteur perturbateur comme une pollution organique du bassin lacustre par le bassin versant. Dans les deux cas, la respiration de la communauté devient supérieure à celle de sa photosynthèse, ('P/R<1').

Un lac étant affecté par ce genre de phénomène peut contenir une flore bactérienne hétérotrophe benthique très dense qui décompose les matières organiques dissoutes en les oxydant et en produisant du CO<sub>2</sub> et des substances dissoutes comme le NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et le PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. D'autres bactéries, autotrophes celles-ci, oxydent le NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en NO<sub>2</sub><sup>-</sup> puis en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> par une réaction de nitrification<sup>1</sup>, consommatrice aussi d'oxygène. Une réaération du milieu lacustre est indispensable pour compenser la consommation d'oxygène.

### **B.3.) Les facteurs trophiques :**

Dans le point A.2.3. de la partie sur l'écosystème (**pages 38 et 39**), nous avons déjà abordé les facteurs trophiques, nous ne les décrivons donc plus ici.

### **B.4.) D'autres facteurs :**

#### B.4.1.) La capacité d'auto-épuration du bassin lacustre : (99)

Les capacités d'auto-épuration par des processus physiques<sup>2</sup>, chimiques<sup>3</sup> et biologiques<sup>4</sup> doivent être prises en compte dans le fonctionnement des lacs et particulièrement lorsque l'on veut comprendre l'incidence d'une perturbation sur ce type de système.

---

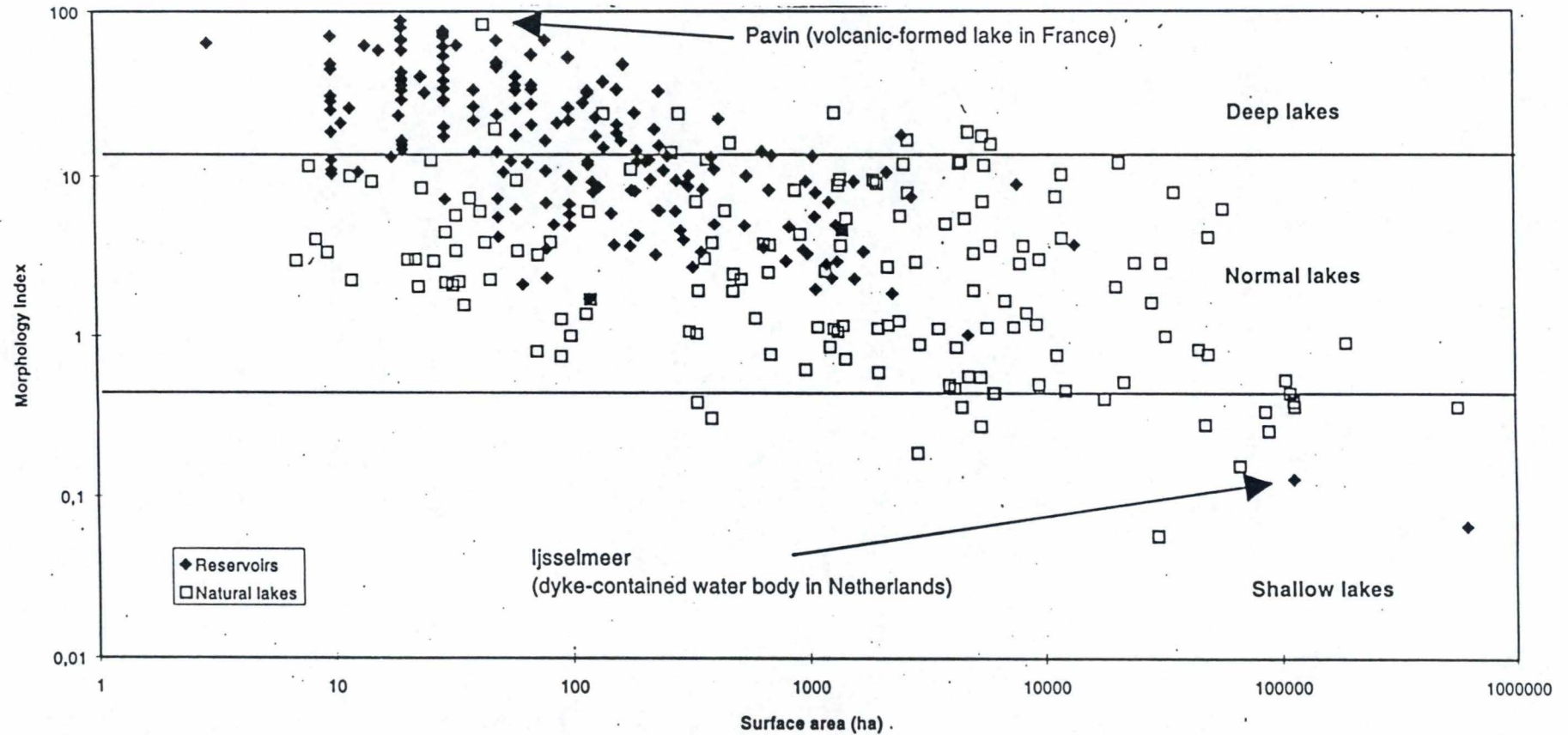
<sup>1</sup> {2NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + 3O<sub>2</sub> ⇌ 2 NO<sub>2</sub><sup>-</sup> + 2H<sub>2</sub>O + 4H<sup>+</sup>}; {2 NO<sub>2</sub><sup>-</sup> + O<sub>2</sub> ⇌ 2 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>}

<sup>2</sup> Dilution, dispersion, sédimentation et réaération notamment.

<sup>3</sup> Précipitation, absorption et oxydoréduction principalement.

<sup>4</sup> Biodégradation, nitrification, photosynthèse, respiration et assimilation des nutriments essentiellement.

Figure n°17 : (57)



Ce graphique représente l'indice de creux (voir page 58) ou "morphology index" en fonction de la surface des plus grands lacs d'Europe. Il est divisé en lacs profonds (deep lakes), lacs normaux (normal lakes), et lacs plats (swallow lakes). On voit bien que les lacs artificiels sont presque tous situés dans la zone des lacs profonds. Ils ont souvent aussi une surface plus petite (inférieure à 1000 hectares en général) que celle des lacs naturels.

#### B.4.2.) La "naturalité" du lac : (57)

Si les barrages étaient auparavant considérés comme des prouesses technologiques, il est certain que leurs impacts négatifs sur l'environnement sont actuellement pris en compte, même s'ils sont encore souvent perçus en premier lieu comme une ressource économique et touristique.

Lacs naturels et réservoirs ont généralement des fonctionnements distincts puisque de nombreuses différences existent entre eux. Citons parmi celles-ci :

- Les profondeurs maximale et moyenne, les prises d'eau et la charge en nutriments<sup>1</sup> sont plus grandes dans les réservoirs que dans les lacs naturels. (*Voir figure 17*)
- Les réservoirs ont des temps de résidence des eaux plus courts que les lacs.
- La localisation des réservoirs est différente de celle des lacs naturels car ils sont en général construits dans des régions où les conditions hydriques sont extrêmes<sup>2</sup>. Ils sont souvent placés dans la partie basse d'une rivière ou d'un fleuve. Il n'y a donc qu'une seule source majeure d'eau et de nutriments, contrairement aux bassins naturels.
- Le volume d'eau sortant du réservoir peut généralement être contrôlé, contrairement aux lacs naturels. L'eau est libérée depuis des sorties situées à différents niveaux dans le barrage. Le rôle d'un réservoir détermine la variation de son niveau d'eau et le régime de l'émissaire.
- La qualité des eaux d'un réservoir est plus ou moins grande selon les usages projetés que l'on veut en faire. La prévention de la dégradation de la qualité n'est généralement faite que dans les endroits où celle-ci est cruciale.
- La date de construction d'un réservoir a aussi un impact sur son fonctionnement, puisque aujourd'hui une étude d'impact sur l'environnement est systématiquement réalisée préalablement à la construction d'un barrage.

---

<sup>1</sup> Si le temps de séjour des masses d'eau est vraiment très court, il n'y aura pas de charge en nutriments plus forte que dans les bassins naturels.

<sup>2</sup> Régulation des faibles ressources en eau ou contrôle des eaux abondantes.

### C) Conclusion :

Sont ainsi épinglés les facteurs qui nous paraissent nécessaires pour décrire le fonctionnement des écosystèmes lacustres.

Au début du point "A", nous avons dit que nous verrions si l'écosystème lacustre pouvait se réduire à sa cuvette ou s'il était nécessaire d'élargir ses frontières. Nous pensons, à la fin de ce chapitre "1.3.2.1.4." qu'il a été montré en divers endroits que le bassin versant de ce type d'écosystème est essentiel, que ce soit au niveau de la formation, de l'alimentation (en eau, en matière organique, vivante ou non) et du fonctionnement du plan d'eau. Si le bassin versant est à la base même de la vie du lac, il peut aussi être le vecteur de sa destruction ou tout du moins de sa perturbation (par l'action de l'homme notamment). Pour ces raisons, il nous semble intéressant d'intégrer la cuvette lacustre dans son bassin versant. Cela a l'avantage de renforcer l'importance de ce dernier et de faciliter la compréhension du rapport entre l'homme qui occupe le bassin versant et le fonctionnement de l'écosystème.

Cependant, dire que le bassin versant fait partie intégrante de l'écosystème lacustre est peut-être un peu réducteur car cela revient un peu à nier ses particularités propres. Celui-ci peut en effet être le siège de différents systèmes au fonctionnement spécifique comme des forêts, des prairies, des villes, des tourbières, des marais, des fleuves et des rivières. On dira plutôt que le bassin versant, pris dans son ensemble, forme un écosystème, dans lequel on peut retrouver (mais pas nécessairement) un écosystème lacustre.

Nous choisissons donc de circonscrire, dans sa définition stricte, l'écosystème lacustre à sa cuvette. Néanmoins, étant donné que le bassin versant est indispensable, nous le noterons tout de même dans les attributs essentiels du concept d'écosystème lacustre.

### D) Attributs essentiels du concept d'écosystème lacustre :

1.	<b>Étiquette</b>
2.	<b>Biocénose aquatique, semi-aquatique et terrestre répartie en classes et dépendant des facteurs écologiques (abiotiques, biotiques, trophiques, spatiaux et temporels, naturalité, capacité d'auto-épuration)</b>
3.	<b>Cuvette lacustre, naturelle ou non, divisée en zones et dépendant des facteurs écologiques (abiotiques, biotiques, trophiques, spatiaux et temporels, naturalité, capacité d'auto-épuration)</b>
4.	<b>Sédiment du benthos divisé en différentes parties et dépendant des facteurs écologiques (abiotiques, biotiques, trophiques, spatiaux et temporels, naturalité, capacité d'auto-épuration)</b>
5.	<b>Unité écologique fonctionnelle liée aux structures spatiales et temporelles</b>
6.	<b>Bassin versant connaissant des interactions avec les sous-systèmes</b>

Tableau n°3

Concept *(scientifique)	1 Etiquette	Système	Ecosystème	Lacustre
2 Attributs	1 Sous-systèmes en interaction et répartis en classes selon les besoins de l'étude (fonctionnelle, descriptive,...)	1 Biocénose répartie en classes et dépendant des facteurs écologiques (abiotiques, biotiques, trophiques, spatiaux et temporels, autres...)	1 Biocénose aquatique, semi-aquatique et terrestre, répartie en classes et dépendant des facteurs écologiques (abiotiques, biotiques, trophiques, spatiaux et temporels, naturalité, capacité d'auto-épuration)	
	2 Propriétés d'émergence	2 Biotope réparti en classes et dépendant des facteurs écologiques (abiotiques, biotiques, trophiques, spatiaux et temporels, autres...)	2 Cuvette lacustre divisée en classes et dépendant des facteurs écologiques (abiotiques, biotiques, trophiques, spatiaux et temporels, naturalité, capacité d'auto-épuration)	
	3 Environnement pouvant connaître des interactions avec les sous-systèmes	3 Réservoir réparti en classes et dépendant des facteurs écologiques (abiotiques, biotiques, trophiques, spatiaux et temporels, autres...)	3 Sédiment du benthos divisé en différentes parties et dépendant des facteurs écologiques (abiotiques, biotiques, trophiques, spatiaux et temporels, naturalité, capacité d'auto-épuration)	
	2 Propriétés d'émergence	4 Unité écologique fonctionnelle liée aux structures spatiales et temporelles	4 Unité écologique fonctionnelle liée aux structures spatiales et temporelles	
	3 Environnement pouvant connaître des interactions avec les sous-systèmes	5 Environnement connaissant des interactions avec les sous-systèmes	5 Bassin versant connaissant des interactions avec les sous-systèmes	
	4 Ouvert (irréversible) ou fermé (réversible ou irréversible)	6 Ouvert (irréversible) lorsque ses limites spatio-temporelles ont été définies (et donc aussi l'échelle à laquelle on travaille) mais bénéficiant malgré tout d'une certaine autonomie	6 Ouvert (irréversible) lorsque ses limites spatio-temporelles ont été définies (et donc aussi l'échelle à laquelle on travaille) mais bénéficiant malgré tout d'une certaine autonomie	
	5 Système de transformation ou non	7 Système de transformation ou non	7 Système de transformation ou non	
	6 Système stable (en équilibre dynamique, stationnaire ou oscillatoire) ou instable (menant vers une désagrégation ou une structuration plus complexe)	8 Système doté d'une certaine stabilité avec un fonctionnement qui s'inscrit dans un état d'équilibre dynamique, stationnaire ou oscillatoire.	8 Système doté d'une certaine stabilité avec un fonctionnement qui s'inscrit dans un état d'équilibre dynamique, stationnaire ou oscillatoire.	
		9 Structure temporelle spiralée, fractale et irréversible	9 Structure temporelle spiralée, fractale et irréversible	
		10 Structure spatiale fractale	10 Structure spatiale fractale	
		11 Structure spatio-temporelle fractale	11 Structure spatio-temporelle fractale	
		12 Fonctions propres du système dont certaines sont essentielles pour l'homme (fourniture de biens, de services, d'emplois et d'information)	12 Fonctions propres du système dont certaines sont essentielles pour l'homme (fourniture de biens, de services, d'emplois et d'information)	
		13 Valeurs et fonctions de la biodiversité	13 Valeurs et fonctions de la biodiversité	
		14 Système aux ressources épuisables (finitude), ne pouvant donc pas supporter une croissance démographique illimitée.	14 Système aux ressources épuisables (finitude), ne pouvant donc pas supporter une croissance démographique illimitée.	
			15 Propriétés particulières (stratification des eaux de diverses manières, dépendant des facteurs écologiques; pas d'accès direct avec la mer; formation transitoire à l'échelle des temps géologiques; lent renouvellement des eaux)	
3 (En relation avec d'autres concepts scientifiques ou techniques)*	7 (En relation avec d'autres concepts scientifiques ou techniques)*	15 (En relation avec d'autres concepts scientifiques ou techniques)*	16 (En relation avec d'autres concepts scientifiques ou techniques)*	
4 (Outil discriminatif)*	8 (Outil discriminatif)*	16 (Outil discriminatif)*	17 (Outil discriminatif)*	
5 (Sens le plus univoque possible)*	9 (Sens le plus univoque possible)*	17 (Sens le plus univoque possible)*	18 (Sens le plus univoque possible)*	
6 (Objectivé)*	10 (Objectivé)*	18 (Objectivé)*	19 (Objectivé)*	
7 Référents (Système par exemple)	Ecosystème par exemple	Ecosystème lacustre par exemple	Lac Lemán par exemple	

7.	Ouvert (irréversible) lorsque ses limites spatio-temporelles ont été définies (et donc aussi l'échelle à laquelle on travaille) mais bénéficiant malgré tout d'une certaine autonomie
8.	Système de transformation ou non
9.	Système doté d'une certaine stabilité avec un fonctionnement qui s'inscrit dans un état d'équilibre dynamique, stationnaire ou oscillatoire.
10.	Structure temporelle spiralée, fractale et irréversible
11.	Structure spatiale fractale
12.	Structure spatio-temporelle fractale
13.	Fonctions propres du système dont certaines sont essentielles pour l'homme (fourniture de biens, de services, d'emplois et d'information)
14.	Valeurs et fonctions de la biodiversité
15.	Système aux ressources épuisables (finitude), ne pouvant donc pas supporter une croissance démographique illimitée.
16.	Propriétés particulières (stratification des eaux de diverses manières, dépendant des facteurs écologiques; pas d'accès direct avec la mer; formation transitoire à l'échelle des temps géologiques; lent renouvellement des eaux ).
17.	Référents
18.	(En relation avec d'autres concepts scientifiques ou techniques)*
19.	(Outil discriminatif)*
20.	(Sens le plus univoque possible)*
21.	(Objectivé)*

A partir des attributs essentiels que nous avons récoltés tout au long de ce cadre conceptuel, on va pouvoir construire notre premier outil didactique : le modèle théorique du concept d'écosystème lacustre.

### 1.3.2.2. Premier outil : Un modèle didactique opérationnel du concept d'écosystème lacustre


Le cadre théorique développé précédemment sur le concept d'écosystème lacustre peut se synthétiser sous la forme suivante : (voir *tableau 3*)


Le modèle doit se lire de la façon qui suit :

Tout d'abord, il y a deux plans avec fond blanc et deux avec fond gris qui se chevauchent et qui ont trait à chaque fois à une notion particulière. Ainsi le "concept *\*(scientifique)*" se retrouve dans une surface blanche en trait plein (  ), elle-même englobé dans une autre au fond gris représentant le "concept *\*(scientifique)* de système". Cet agencement peut paraître, en première lecture, "contre-intuitif". En effet, le "concept *\*(scientifique)*" est plus général que le "concept *\*(scientifique)* de système" qui lui-même l'est plus que celui de "concept

d'écosystème", etc. Cependant, ici, c'est le nombre de connaissances mises en jeu qui nous intéresse. Ainsi plus le concept est pointu, plus il implique un nombre élevé d'attributs.

Chaque cadre sur fond blanc ou gris peut être lu seul, verticalement. Ainsi, "concept *\*(scientifique)*" possède sept attributs : étiquette, attributs, référents, (*en relation avec d'autres concepts scientifiques ou techniques*)\*, etc. "Concept *\*(scientifique)* de système" a dix attributs : propriété d'émergence, ouvert ou fermé, système de transformation ou non, etc.

Il y a ensuite trois parties entourées par des "traitillés" épais (  ). La première englobe toutes les étiquettes<sup>1</sup>, la seconde l'ensemble des attributs (sauf ceux du concept) et la troisième la totalité des référents.

De la même façon que pour les zones en "traitillés" il y a, encore, quinze cadres en fins "traitillés courts et longs" (  ) qui contiennent, eux aussi, des notions qui sont similaires. Ainsi, "Sous-systèmes en interaction et répartis en classes selon les besoins de l'étude (fonctionnelle, descriptive, ...)"<sup>2</sup> se subdivisent en biocénose, biotope et réservoir dans l'écosystème (ces trois termes identifiant des sous-systèmes de ce dernier). Tous ces éléments sont donc rassemblés dans le même encadré.

Les quatre dernières zones en "traitillés courts et longs " comprennent du texte écrit en italique et mis entre parenthèses, avec un astérisque qui se rapporte à "*\*(scientifique)*". Ces éléments sont donc spécifiques des concepts scientifiques, parmi lesquels on retrouve l'écosystème lacustre.

Il est à noter, enfin, que la validité du modèle de "concept *\*(scientifique)* d'écosystème lacustre" dépend des attributs des niveaux inférieurs. Ainsi on peut facilement vérifier qu'il répond bien aux propriétés d'un "concept *\*(scientifique)* d'écosystème", puisqu'il en a les attributs. On peut procéder de la même façon pour le système et pour le concept.

Nous avons donc ainsi réalisé un modèle didactique opérationnel du concept d'écosystème lacustre. Chaque attribut d'un niveau est lié à son voisin par la conjonction 'ET' puisqu'il s'agit d'attributs essentiels. (4)

Un second outil, devrait nous permettre de comprendre comment on passe d'une conception à une autre. Pour cela nous supposerons que les obstacles ou les "catalyseurs" que nous allons mettre en évidence au niveau épistémologique et historique, peuvent aussi se retrouver au niveau de l'histoire personnelle d'une personne. Ainsi, si l'intégration du temps dans

<sup>1</sup> Ainsi, "Système" est un exemple d'Étiquette' qui elle-même est un attribut de 'concept'.

<sup>2</sup> Premier attribut du concept de système.

le fonctionnement d'un écosystème s'est révélé difficile au niveau historique, il se peut, mais c'est loin d'être une certitude, qu'il en soit de même au niveau de la personne actuellement.

### **1.3.2.3. Second outil : Un modèle épistémologique du concept d'écosystème lacustre**

#### **1.3.2.3.1. Introduction**

La connaissance de l'évolution historique d'un concept, de son épistémologie, a un intérêt dans la perspective d'une transposition didactique.

Cela permet de comprendre comment se construit un savoir, de voir quels ont été historiquement les catalyseurs et les obstacles qui ont jalonné son élaboration. Il sera intéressant ensuite de vérifier s'il n'est pas possible de faire un quelconque rapprochement avec l'appropriation des concepts à un niveau personnel. En effet, sans vouloir faire d'assimilation entre l'évolution des représentations personnelles et historiques, on peut tout de même noter que si les points de forte résistance à la connaissance scientifique s'ancrent dans l'expérience personnelle, ils sont aussi fortement liés à notre culture collective qui a ses racines dans le passé.

(100), (101), (102)

L'histoire des sciences nous dévoile des pistes suivies par les scientifiques pour surmonter les blocages qu'ils ont pu rencontrer. Cela va nous offrir ainsi un moyen de contribution pour aider les apprenants à dépasser leurs préconceptions en mettant en relief les voies de franchissement possibles et les prérequis nécessaires pour passer d'une représentation simple à une autre plus complexe. (101)

Nous nous proposons, dans le point qui suit, de tenter de décrire la façon dont le concept d'écosystème lacustre a évolué au cours du temps, puis de trouver les facteurs potentiels qui peuvent expliquer cette évolution. Pour ce faire nous avons commencé par réaliser un découpage en phases du concept d'écosystème lacustre.

#### **1.3.2.3.2. Découpage en quatre phases, justification et mise en garde**

L'évolution d'un concept n'est jamais linéaire mais buissonnante. Elle connaît des avancées, des impasses, des reculs. Par contre une relecture historique globale permet de mettre en évidence quelques grandes étapes de sa progression et donc permet de se doter de jalons pour

Figure n°18

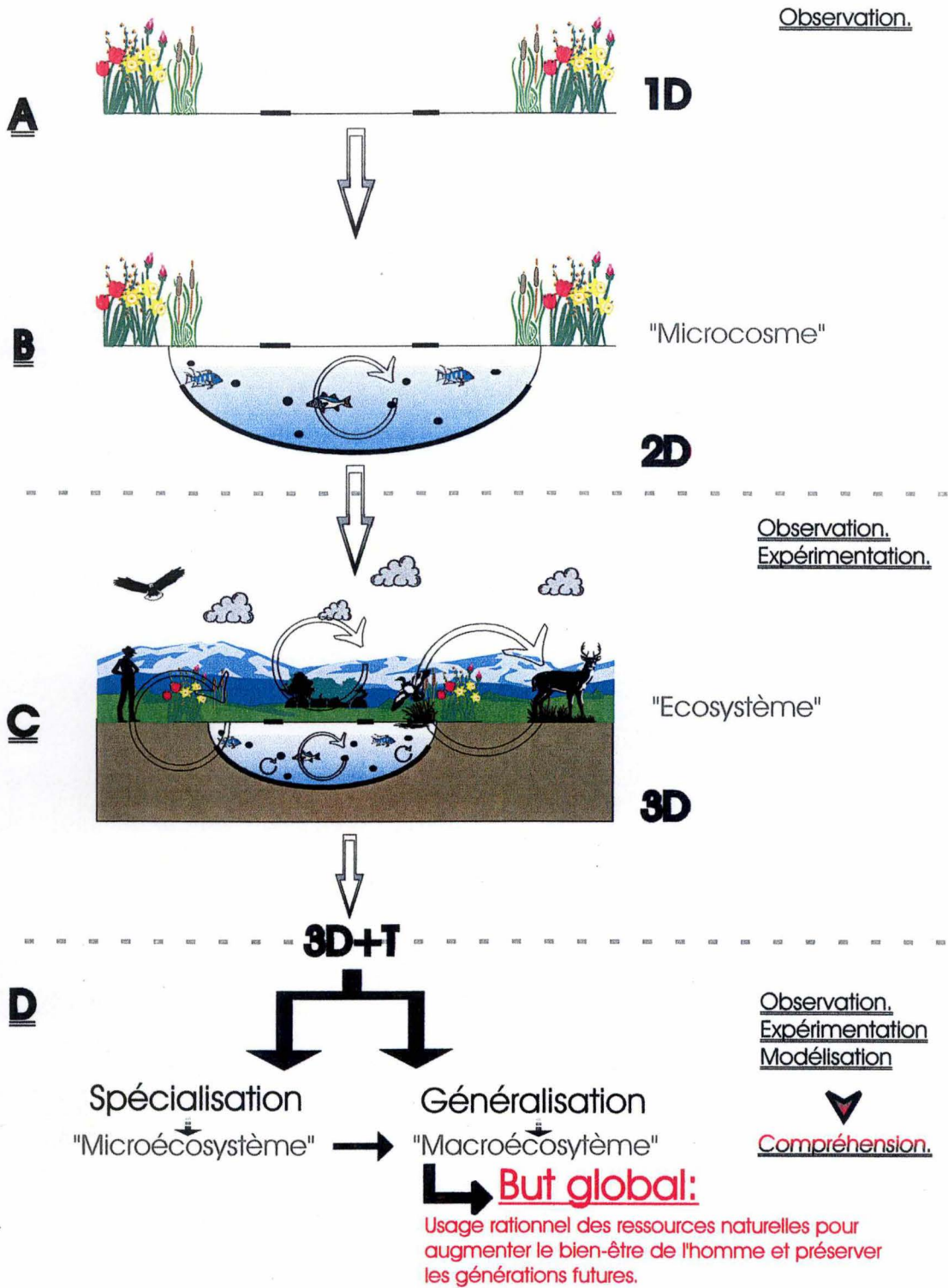


Schéma montrant les grandes étapes du développement du concept d'écosystème lacustre.

un parcours didactique. Ainsi, nous avons choisi, plutôt qu'une énumération de dates et de personnes qui de toute façon ne saurait en aucun cas être représentative de la réalité, de réaliser un découpage en phases successives, qui ont pour simple but de montrer les tendances générales d'une époque. Nous avons décidé ici de maintenir et présenter les quatre étapes qui nous semblaient les plus marquantes dans la perspective de notre travail. Gardons en tête, qu'elles ne sont valables que dans ce cadre.

### **1.3.2.3.3. Présentation du modèle :**

#### **La première étape : une dimension (voir figure 18, A)**

Imaginons une planche carrée sur laquelle on aurait réalisé une maquette d'un lac et de ses abords. En "regardant" celle-ci en plaçant un œil au niveau d'un des côtés du plan qui la supporte on voit alors schématiquement une ligne, qui évoque le côté, et un certain nombre d'éléments qui s'en détachent, des végétaux essentiellement. Cela représente tout ce que l'on voit lors d'une première et "grossière" observation.

La végétation des abords d'un lac a été étudiée très tôt. Le premier texte que l'on ait retrouvé traitant de ce sujet date du 15<sup>ème</sup> siècle. (103)

Ensuite, une fois toutes les espèces végétales répertoriées et décrites, on tente de les classer afin de synthétiser l'information et de pouvoir tirer de ces données des hypothèses qui vont engendrer un questionnement qui sera suivi d'une observation plus approfondie. (37), (104)

La présence en milieu lacustre d'espèces hydrophytes<sup>1</sup> et héliophytes<sup>2</sup> a certainement favorisé le passage à la deuxième dimension.

#### **La seconde étape : deux dimensions (voir figure 18, B)**

Vers le début du 18<sup>ème</sup> siècle, un intérêt croissant est accordé à la colonne d'eau et au sédiment du lac. On caractérise leurs compositions, leurs propriétés physiques, etc. (103)

Apparaît ainsi la deuxième dimension : la verticalité. Dès 1887, Stephen Forbes (1844-1930), dans "The lake as microcosm" présente le lac comme un petit monde isolé de l'extérieur et dans lequel toutes choses interagissent. Cela met fin à l'idée d'un "lac magique", sorte de corne d'abondance. La notion d'interaction permet de mettre en évidence l'existence d'un flux d'énergie dont on se rendra compte rapidement qu'il ne peut exister dans un système fermé. (103)

<sup>1</sup> Végétaux aquatiques à feuilles flottantes ou immergées.

<sup>2</sup> Plantes aquatiques à feuilles émergentes.

Dans le même temps, les effets de la révolution industrielle qui a déjà presque un siècle, ainsi que l'augmentation quasi exponentielle de la population se font sentir. On observe des changements physico-chimiques et biologiques dans les lacs mais l'on est incapable d'en connaître les causes. Cette situation préoccupe beaucoup les scientifiques qui savent combien nous sommes dépendants des ressources en eau douce. (88), (103)

Parallèlement à l'expansion de l'industrie, le développement spectaculaire des techniques scientifiques permettra une analyse plus fine des données. Naît ainsi une nouvelle science, la limnologie. Ses bases furent posées par François Forel (1841-1912) en 1890, dans un traité en 14 volumes sur l'étude du lac Léman en Suisse. (88), (103)

### **La troisième étape : trois dimensions (voir figure 18, C)**

La notion d'écosystème, introduite par George Arthur Tansley (1871-1955) en 1935, pour qualifier l'ensemble d'une communauté végétale et son milieu, considérés comme unité, ainsi que celle de dynamique trophique<sup>1</sup> proposée par Raymond Lindeman (1916-1942) en 1942, permirent de bien comprendre que le lac était bel et bien un écosystème et qu'il était indissociable de son bassin versant. (37), (103), (104)

Son fonctionnement global fut alors étudié et l'on se rendit compte ainsi que l'homme était, par ses actions, responsable de la dégradation de la qualité des eaux. On put même le prouver en enrichissant volontairement des lacs entiers en nutriments et en observant et mesurant les effets : la limnologie expérimentale était née. (103)

La population se tourna vers la science pour tenter d'apporter des solutions à ce problème. C'est ainsi que l'idée de gestion naquit mais, pour la réaliser, il manquait encore une dimension...

### **La quatrième étape : trois dimensions et le temps (voir figure 18, D)**

Pour pouvoir gérer l'écosystème lacustre, il était nécessaire de connaître son évolution dans le temps. Cela fut possible par l'expérimentation bien sûr, mais aussi et surtout par l'étude des sédiments de lacs disparus ou existants (paléolimnologie) et par la mise au point, grâce aux ordinateurs, de modèles mathématiques. (39), (81), (103)

---

<sup>1</sup> La notion de dynamique trophique a permis de préciser la notion d'écosystème. Elle met en évidence des catégories trophiques précises et interdépendantes et en interaction avec leur environnement physico-chimique. L'entité formée par ces groupes est considérée comme autonome d'un point de vue fonctionnel et comporte en principe une source interne de production de matière organique (les autotrophes) et des organismes consommateurs et décomposeurs dont les activités concourent au recyclage de la matière au sein du système.

A partir de ce moment on possède une vision, la plus complète possible actuellement, de ce qu'est un écosystème lacustre. Mais cela ne suffit pas pour obtenir une gestion correcte de ce milieu. En effet il s'agit d'un milieu ouvert qui est influencé par ce qui se trouve autour de lui, particulièrement par les écosystèmes lotiques et les zones humides. Il faut donc essayer d'avoir une vision la plus intégrée possible. C'est alors la notion de "macroécosystème" ou "écocomplexe", étudiée par des généralistes, qui devient centrale. (79)

D'autre part, grâce aux nouvelles techniques et connaissances dans tous les domaines qui sont mises à la disposition des scientifiques, peut se développer une compréhension pointue du fonctionnement d'un plan d'eau. On peut alors parler de "microécosystèmes", étudiés par des spécialistes. (39)

L'interaction entre spécialistes et généralistes est, ou censé être, constante et source de questionnement et de recherches nouvelles...pour le "bien" de tous, en principe...

Il serait certainement profitable, après avoir établi un modèle épistémologique, d'identifier les facteurs qui ont pu favoriser ou au contraire faire obstacle au passage d'une phase à la suivante. Nous n'allons pas réaliser ce travail ou tout du moins pas avant d'avoir analysé les représentations des groupes de personnes contactés. Il serait en effet inutile de faire une telle analyse si tous les groupes ont déjà intégré les trois dimensions de l'espace et celle du temps. Nous réservons donc cet hypothétique travail pour plus tard.

Par contre, il est sans doute bon de s'arrêter et de réfléchir "5 minutes" aux facteurs qui peuvent, de façon générale, influencer l'évolution du concept d'écosystème lacustre, que ce soit "hier" ou "aujourd'hui". Ces facteurs seront, quelles que soient les représentations des personnes étudiées, des éléments qu'il faudra prendre en considération si l'on veut essayer de comprendre comment on peut passer d'une représentation à une autre.

#### **1.3.2.3.4. Recherche de facteurs pouvant influencer l'évolution du concept d'écosystème lacustre :**

Plus qu'une description détaillée de tous les facteurs influençant l'évolution de la perception du concept d'écosystème lacustre, le but ici est surtout de montrer au lecteur la façon dont nous concevons les choses. De plus, nous ne pensons pas qu'il soit nécessaire de nous justifier dans le cas où notre propos est relativement trivial. Ainsi si nous affirmons que les progrès de la technique, et notamment ceux de l'instrumentation, permettant la mesure et

l'observation des phénomènes, est certainement le vecteur d'une modification de la perception de l'objet d'étude, nous pensons qu'il ne s'agit que de l'expression du bon sens.

Selon nous, il y a au moins trois grandes familles de facteurs qui sont à prendre en compte. Il s'agit du domaine socio-économique, technique et scientifique.

Dans le domaine socio-économique, est notamment visée la décision politique et son rôle de catalyseur ou de frein que ce soit au niveau de l'éducation, des actes techniques ou encore en ce qui concerne la recherche.

On pensera aussi à l'industrie qui, de plus en plus, est partie prenante dans les programmes de recherche, que ce soit pour son bénéfice propre ou pour le bénéfice du plus grand nombre. De plus industrie et politique sont souvent liés par des intérêts communs.

On n'oubliera pas les médias dont nous avons déjà parlé à la page 14.

On veillera aussi à prendre en compte le rôle particulier de la croissance démographique sur la perception des concepts que nous étudions.

On retiendra aussi le rôle de l'éthique sur la perception du monde. Ainsi, le fait de considérer l'homme comme un élément de la biosphère et non comme son maître est relativement récent. Dans ce domaine il est certain que la religion est fortement partie prenante. On songera enfin à l'éducation comme véhicule de transmission d'un savoir tout d'abord, mais aussi comme problématique plus précise au niveau de l'éducation des futurs spécialistes en limnologie (lien entre programme académique, recherche, protection, gestion et restauration des écosystèmes aquatiques; nécessité de création d'un département propre à cette branche pour éviter le "mélange des genres" (limnologie/biologie, limnologie/océanologie, limnologie/géographie, etc.); création de programmes à visée plus appliquée et moins fondamentale; favoriser les liens avec les autres disciplines scientifiques et humaines; éviter le morcellement de la limnologie en de nombreuses subdivisions n'ayant plus forcément de contact entre elles; diminuer le nombre de cours "magistraux" et favoriser les travaux nécessitant le recours à l'esprit critique; favoriser l'inclusion de concepts clefs le plus tôt possible dans le cursus et non en cours de spécialisation; etc). (79), (103), (105)

Dans le domaine technique, l'évolution de l'instrumentation permet une vision plus fine voire franchement différente du monde. Il est donc nécessaire de prendre en compte cet aspect des choses, qu'il s'agisse des méthodes d'analyse, de mesure, d'échantillonnage, de modélisation, etc (révolution instrumentale, informatique et sciences de la vie...)

Dans le domaine scientifique, les champs d'études sont les premiers à avoir un impact sur l'évolution de la perception d'un concept. Les concepts prérequis pour une analyse de nouvelles données sont cruciaux. L'évolution des paradigmes est essentielle (lac comme microcosme, lac

comme système expérimental, lac comme réacteur chimique, lac comme chronique de l'histoire naturelle et de l'évolution des écosystèmes, lac comme composante d'un bassin versant intégré, ...), etc. (103)

Nous disposons d'un second outil "brut", nous donnant un aperçu général de l'évolution du concept d'écosystème lacustre et des facteurs à prendre en considération pour la comprendre. Il sera peut-être nécessaire de l'affiner par la suite.

#### **1.4. Conclusion du cadre théorique :**

Nous avons affirmé, dans le cadre théorique, que sciences exactes et humaines pouvaient utilement se compléter. Ainsi, quand on s'intéresse aux champs de la didactique et de la limnologie comme c'est notre cas, on voit que le premier peut venir en aide au second dans son effort pour préserver durablement nos ressources aquatiques.

Pour ce faire le didacticien va permettre au limnologue de transmettre son savoir par une transposition didactique tenant compte du réseau conceptuel de chacun. Plus qu'une accumulation de connaissances, il s'agit plutôt de donner à toute personne les outils lui permettant de comprendre la façon dont les scientifiques perçoivent le monde et les solutions qu'ils proposent pour le gérer durablement. De cette façon, le citoyen va pouvoir influencer sur la détermination de notre avenir, par ses choix réfléchis (de politique, d'éducation, etc), ses aspirations et son comportement.

Il ne s'agit donc plus d'un monologue dans lequel celui qui possède le savoir, tout en agissant seul "pour le bien de tous", prodigue des conseils (ne pas gaspiller, ne pas polluer, etc.) qu'il faut suivre. Il est question d'un dialogue dans lequel le scientifique échange ses expériences avec celles du citoyen. Ils peuvent alors tenter ensemble, face aux problèmes rencontrés, de voir quelles solutions il est possible de mettre en place. Une fois celles-ci trouvées, chacun est alors à même d'agir, selon ses propres moyens, dans une action pour laquelle il se sent réellement impliqué.

Pour notre part les deux outils que nous nous proposons de mettre au point sont à présent opérationnels. Ces modèles<sup>1</sup> sont pour nous des instruments de synthèse<sup>2</sup>, d'évaluation et de

---

<sup>1</sup> Un modèle didactique et un modèle épistémologique.

<sup>2</sup> de la théorie et de l'histoire se rapportant aux écosystèmes lacustres

modélisation de représentations. Ils vont aussi nous servir de base pour une communication entre les scientifiques et la population.

Nous avons aussi épinglé tout au long de la première partie<sup>1</sup> un certain nombre de facteurs théoriques facilitant ou compliquant potentiellement l'acquisition de connaissances.

Parmi ceux-ci citons :

- Les représentations intuitives erronées qui sont persistantes.
- Les structures de pensée invariantes.
- La définition des concepts qui, par leurs caractéristiques, peuvent poser certains problèmes comme, par exemple, la limitation du concept qui peut être variable. On trouve aussi des difficultés telles que celles des homographes, des dénominations multiples, des traductions et versions, du niveau de formulation, de la subjectivité, de la validité transitoire.
- Les manipulations de l'information et des résultats de recherche par les médias (sélection, filtrage, mise en exergue ou mise à l'écart, faible quantité d'informations scientifiques), les pouvoirs publics, les scientifiques (dépendances diverses) et l'industrie.
- La complexité de la définition de certaines notions au fort potentiel concernant la gestion des écosystèmes lacustres (espace fractal, finitude, frontière, croissance démographique, temps, espace-temps, etc).
- La complexité nécessaire de certains outils de dialogue utilisés par les scientifiques comme par exemple la zonation des écosystèmes lacustres qui demande la connaissance et la maîtrise d'un vocabulaire spécifique.
- L'ambiguïté de certains outils utilisés par les scientifiques comme la classification qui est un instrument de synthèse et de communication mais aussi un vecteur potentiel d'obscurantisme social, de perte d'informations, etc.
- La formation des étudiants dans laquelle, par exemple, le recours à un savoir critique est trop faible.

---

<sup>1</sup> Entre autre grâce au modèle épistémologique.

- Le manque de liens entre programme académique, recherche, protection, gestion et restauration des écosystèmes aquatiques.

Il s'agit là de quelques facteurs, parmi ceux que l'on a mis en évidence, pouvant être des freins à l'appropriation des connaissances. Ils ont soit des pendant positifs<sup>1</sup>, soit il est possible de les dépasser par des voies détournées<sup>2</sup>, ou alors il faut juste en tenir compte pour ne pas tenter de réaliser une action qui est d'avance vouée à l'échec<sup>3</sup>.

Avec les informations que l'on a recueillies dans ce cadre théorique, nous pensons être maintenant à même de passer à la partie clinique de ce mémoire.

Nous allons commencer par mettre en évidence les représentations de l'écosystème lacustre qui existent puis, à l'aide des facteurs trouvés dans le cadre théorique et dans l'analyse de nos résultats, nous allons essayer de comprendre et de représenter la façon dont on passe de l'une à l'autre en commençant par l'absence de représentation et en allant jusqu'à celle qui nous semble idéale dans une perspective de gestion durable.<sup>4</sup>

De cette façon, nous espérons, à la fin de ce mémoire, pouvoir proposer des pistes théoriques susceptibles d'aider le citoyen à comprendre le fonctionnement des écosystèmes lacustres et ainsi lui permettre de réfléchir et d'agir en faveur de la préservation des ressources aquatiques, en collaboration avec les spécialistes qui s'en occupent.

---

<sup>1</sup> Ainsi, par exemple, si le manque de recours à un savoir critique est un frein, son utilisation peu être une aide précieuse, notamment quand il s'agit pour l'étudiant de dépasser les représentations intuitives qu'il a de l'objet d'étude.

<sup>2</sup> Par exemple, nous avons mis en évidence l'intérêt du recours au schéma pour illustrer la zonation des écosystèmes lacustres et favoriser sa connaissance.

<sup>3</sup> Il est inutile, par exemple, de vouloir nier les structures de pensées invariantes qui existent. Ainsi vouloir induire la notion du temps chez un enfant qui n'a pas encore conscience de son déroulement n'a pas de sens, comme on a pu le voir.

<sup>4</sup> De nouveaux facteurs d'acquisition de connaissances pourront être trouvés dans cette partie.

## 2<sup>ème</sup> Partie : Méthodologie

### 2.1. Introduction :

Notre travail a été réalisé en quatre étapes.

Tout d'abord on a choisi, selon nos objectifs, les individus que nous voulions tester.

Puis, on a mis au point un questionnaire adapté permettant de mettre en évidence les représentations de l'écosystème lacustre et le profil des personnes interrogées.

Ensuite, les réponses obtenues ont été codées afin de pouvoir en faire l'analyse.

Enfin, des analyses statistiques ont été réalisées pour synthétiser l'information recueillie et la rendre lisible et interprétable.

Ces différentes étapes, en commençant par le choix de notre échantillon, sont décrites ci-dessous.

### 2.2. Choix de l'échantillon :

Dans un premier temps nous comptons soumettre un questionnaire à quatre groupes de personnes :

<u>Groupe :</u>	<u>Effectif espéré :</u>	<u>Profil du groupe :</u>	<u>Intérêt du groupe</u>
1 <sup>ère</sup> candidature en biologie.	68 réponses	Groupe contenant une population d'étudiants, aux centres d'intérêts plutôt scientifiques, ayant suivi un cours de biologie générale, dont une partie s'intéressait aux écosystèmes lacustres.	1) Relative homogénéité du groupe que ce soit au niveau de l'âge, des aspirations ou de la formation. 2) Intérêt pour les sciences de la vie. 3) Sensibilisé à certains aspects de limnologie générale. 4) Facilité pour interroger tous les membres du groupe dans les mêmes conditions.
1 <sup>ère</sup> candidature en médecine vétérinaire	140 réponses	Groupe contenant une population d'étudiants, aux centres d'intérêts plutôt scientifiques, ayant suivi un cours de biologie générale sans référence particulière aux écosystèmes lacustres.	1) Relative homogénéité du groupe que ce soit au niveau de l'âge, des aspirations ou de la formation. 2) Intérêt pour les sciences de la vie. 3) Pas de sensibilisation spécifique à des problèmes de limnologie générale. 4) Facilité pour interroger tous les membres du groupe dans les mêmes conditions.
Population	30 réponses	Groupe contenant des individus tout venant.	1) Hétérogénéité du groupe que ce soit au niveau de l'âge, des aspirations ou de la formation. 2) Pas d'intérêt spécifique pour les sciences de la vie, a priori. 3) Pas de sensibilisation spécifique à des problèmes de limnologie générale, a priori.

Spécialistes de terrain (acheminement de l'eau, traitements divers des eaux...)	30 réponses	Groupe contenant des spécialistes de terrain confrontés régulièrement au fonctionnement des écosystèmes aquatiques.	1) Relative homogénéité du groupe au niveau des centres d'intérêt professionnel. 2) Groupe contenant des professionnels qui, par leurs fonctions, sont plus à même que les autres groupes de connaître les facteurs important à prendre en considération lorsque l'on s'intéresse au fonctionnement des écosystèmes aquatiques en général et aux écosystèmes lacustres en particulier. Les facteurs qu'ils citent peuvent donc venir étayer ceux que l'on a trouvé dans la littérature.
--	----------------	---	---

Nous avons abandonné l'idée d'utiliser le groupe des spécialistes car :

- la difficulté d'obtention des réponses était élevée (aucune réponse après envoi de questionnaires par courrier électronique à 24 sociétés<sup>1</sup>, nombre de spécialistes de terrain relativement faible<sup>2</sup> et difficiles à contacter).
- la qualité des réponses<sup>3</sup> que nous avons obtenues ne permettait pas une utilisation comme cadre de référence, et ce notamment parce que nous n'avons pas insisté pour avoir une entrevue directe avec les personnes sensées nous répondre, ce qui était une erreur de notre part. Nous laissons des questionnaires aux secrétariats en donnant une consigne orale de remplissage et nous venions les reprendre deux ou trois semaines plus tard.

Notre échantillon se compose donc finalement de 68 premières candidatures en biologie, 140 premières candidatures en médecine vétérinaire et de 30 personnes de la rue soit au total 238 personnes.

## 2.3. Elaboration du questionnaire :

### 2.3.1. Introduction :

Pour qu'un questionnaire soit valide et permette d'obtenir des réponses de qualité il est nécessaire : (106), (107)

<sup>1</sup> Une large majorité des sociétés possédant une adresse électronique, à l'époque de nos envois, étaient situées dans la zone néerlandophone, ce qui explique peut-être ce résultat, notre questionnaire étant en français.

<sup>2</sup> Nous aurions pu facilement obtenir les réponses de chercheurs et de professeurs d'université, mais cela n'avait pas d'intérêt puisqu'ils correspondent aussi aux sources livresques que nous possédons.

<sup>3</sup> Soit les réponses étaient très incomplètes, soit elles étaient données par des personnes n'étant pas directement impliquées dans la gestion des eaux de surface.

Il est à noter ici que nous avons aussi pensé, au vu de ces résultats décevants, faire des envois spontanés de questionnaires par voie postale pour obtenir des réponses de spécialistes. Nous n'avons pas retenu cette idée notamment à cause du nombre important de "déchets" auquel on pouvait s'attendre (une proportion de 80% de questionnaires non renvoyés est courante) et du coût élevé qui pouvait en résulter, sans certitude d'efficacité. (108)

- 1) qu'il soit concis, pour ne pas décourager le "répondant", mais aussi suffisamment aéré et lisible.
- 2) que les questions ne contiennent pas de termes complexes (ou alors que ces derniers soient expliqués) et qu'elles ne soient ni ambiguës, ni redondantes.
- 3) que les questions les plus simples soient au début du questionnaire pour inciter les personnes à continuer de répondre.
- 4) que les questions d'ordre personnel soient bien détachées des autres, que leur utilité soit expliquée et que la possibilité de ne pas répondre à celles-ci soit donnée.
- 5) qu'un lien soit réalisé entre les diverses questions pour que le lecteur n'ait pas l'impression qu'il s'agisse d'une simple accumulation.
- 6) qu'une réponse, quelle qu'elle soit, puisse toujours être donnée par la personne interrogée pour chaque question de connaissance posée<sup>1</sup>.
- 7) qu'un pré-test soit réalisé sur le questionnaire pour vérifier sa fonctionnalité.

Nous avons satisfait à toutes ces exigences et vous pourrez trouver un exemplaire du questionnaire pour les étudiants (BIO et VT) et un autre pour la population (POP) à l'annexe 1.

### **2.3.2. Description des différentes parties du questionnaire, de leur utilité et de leur codage :**

#### **2.3.2.1. Première partie : Le profil des personnes interrogées :<sup>2</sup>**

Cette partie correspond aux "données générales" que nous demandions au verso du questionnaire (âge, études...) et aux "quelques questions d'ordre général" du début du recto (vous a-t-on sensibilisé à des problèmes liés à l'eau ? ...)<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Cela pour éviter de rebuter le répondant.

<sup>2</sup> Il est à noter ici que tous les codages ont été faits trois fois dont une par une personne non directement impliquée par ce travail de mémoire. Cela nous a permis premièrement d'augmenter l'impartialité du codage, susceptible d'être influencé par l'interprétation personnelle que nous pouvions faire des données qualitatives. Deuxièmement, nous avons pu affiner les catégories de classement de façon à les rendre les plus claires possibles, sans perdre pour autant trop d'information. Enfin, nous avons pu, grâce à cette triple lecture, éliminer le maximum d'erreurs de codage. Notons encore que les principes de base de notre codage manuel nous ont été conseillé par le professeur Hogenraad, spécialiste de l'analyse du contenu à l'Université Catholique de Louvain-La-Neuve.

<sup>3</sup> Pour voir ces différentes questions, reportez-vous à l'annexe 1.

Le but de cette section est de voir s'il existe des éléments du profil d'une personne que l'on peut considérer comme des facteurs qui peuvent influencer sa perception de l'écosystème lacustre.

Les 8 facteurs potentiels<sup>1</sup> que l'on a pu mettre en évidence grâce à cette partie se divisent en 24 variables "profil" qui sont décrites dans le tableau qui suit :

VARIABLES "PROFIL"	N°	Facteur	Profil n°	Code	Signification du code	Codage
	1.	Activité :	(1)	NE	- Non étudiant	(0 ou 1)
			(2)	E	- Etudiant	(0 ou 1)
	2.	Cours ayant trait aux sciences de l'eau en supérieur :	(3)	OS	- Id.	(0 ou 1)
	3.	Niveau d'étude :	(4)	U	- Universitaire ou assimilé	(0 ou 1)
			(5)	NU	- Non Universitaire	(0 ou 1)
	4.	Etudes secondaires en Belgique :	(6)	ES	- Id.	(0 ou 1)
	5.	Age :	(7)	J	- Jeune (Né après 1965)	(0 ou 1)
			(8)	MJ	- Moins Jeune (Né avant 1965)	(0 ou 1)
	6.	Vecteur de sensibilisation : (à des problèmes liés à l'eau)	(9)	NS	- Non sensibilisé	(0 ou 1)
(10)			VF	- Famille	(0 ou 1)	
(11)			VE1	- Ecole primaire	(0 ou 1)	
(12)			VE2	- Ecole secondaire	(0 ou 1)	
(13)			VE3	- Ecole supérieure	(0 ou 1)	
(14)			VM	- Médias	(0 ou 1)	
(15)			VA	- Participation personnelle active	(0 ou 1)	
7.	Sujet de sensibilisation : (concernant des problèmes liés à l'eau)	(16)	SP	- Pollution des eaux	(0 ou 1)	
		(17)	SL	- Problèmes liés à la pollution des eaux	(0 ou 1)	
		(18)	SR	- Problèmes liés à la répartition de l'eau	(0 ou 1)	
		(19)	SF	- Données fonctionnelles	(0 ou 1)	
8.	Type d'intérêt : (pour les sciences de l'eau)	(20)	NI	- Non intéressé	(0 ou 1)	
		(21)	IV	- Eau = source de vie	(0 ou 1)	
		(22)	IP	- Eau = source de problème	(0 ou 1)	
		(23)	IC	- Eau = source de connaissance	(0 ou 1)	
		(24)	IA	- Eau = source d'argent	(0 ou 1)	

<sup>1</sup> Pour réduire le nombre de variables et faciliter l'interprétation, nous avons procédé comme suit :

- 1) Le codage de l'activité des personnes a été simplifié, en "non étudiant" et "étudiant", même si nous possédons les caractéristiques professionnelles de la population.
- 2) Le nombre d'heures de biologie en secondaire a été abandonné car il ne pouvait être interprété. En effet, une personne ayant eu plus de biologie que la moyenne, n'a pas forcément plus de connaissances sur des notions écologiques. On s'est donc plutôt intéressé au mode de sensibilisation cité par le répondant (sensibilisé en secondaire ou non).
- 3) Le niveau d'étude a été réduit à universitaire ou assimilé (cela rassemble toutes les études supérieures de type long) et non universitaire (tous les autres types d'étude).
- 4) L'âge a été simplifié en "jeune" et "moins jeune". Les personnes nées après 1965 étant censées avoir eu au moins une introduction à l'écologie et à la notion d'écosystème en secondaire.
- 5) Dans le sujet de sensibilisation, nous avons supprimé la variable "données générales et descriptives" qui était un peu une "case fourre-tout" difficile à interpréter.
- 6) Dans le "type d'intérêt", nous avons regroupé sous la dénomination "non intéressé" plusieurs catégories qui étaient : personnes simplement non intéressées, non intéressées par manque d'information, non intéressées par manque de temps et enfin non intéressées pour d'autres raisons. Nous avons aussi éliminé la variable "autre(s) sujet(s) d'intérêt(s)", qui posait le même problème que la variable "données générales et descriptives".

Nous avons conservé les données et les catégories qui ne sont pas reprises dans ce codage et nous pourrions éventuellement y faire appel dans un premier survol des informations que nous avons récoltées.

2.3.2.2. Deuxième partie : La représentation de l'écosystème lacustre et des facteurs importants pour le caractériser que ce soit au niveau morphologique ou fonctionnel sous forme dessinée et/ou textuelle :

Nous avons choisi ici d'inciter les personnes à répondre sous forme dessinée car, même si le traitement des réponses s'en trouve alourdi, cela permet aux individus d'exprimer des idées qu'ils auraient peut-être eu du mal à retranscrire.

Néanmoins les réponses que nous avons eu à traiter furent de plusieurs types :<sup>1</sup>

- 1) dessin seul.
- 2) dessin + légende.
- 3) dessin + légende + texte.
- 4) texte seul.

Le codage de cette partie a été réalisé de deux façons différentes que nous détaillons dans les points 2.3.2.2.1. et 2.3.2.2.2. qui suivent.

2.3.2.2.1. Première forme de codage :

Dans un premier temps nous nous sommes contenté de récolter l'ensemble des informations que nous pouvions tirer de chaque questionnaire sans y appliquer de "filtre". Nous avons donc recensé au total plus de 500 items différents que nous avons rassemblés en catégories qui sont présentées dans le tableau qui suit :

Catégorie de degré 1	Catégorie de degré 2	Catégorie de degré 3	Exemples	Code <sup>2</sup>	Codage
<u>Biocénose de l'écosystème lacustre</u>	<u>Biocénose aquatique</u>	Faune aquatique (sp. Et non sp.)	Batracien(s), crustacé(s), plancton, poisson(s), faune aquatique, insecte(s) aquatique(s), larve(s), micro-organisme(s), vers, zooplancton, échassier(s), invertébrés dans la colonne d'eau, ...	<u>Ffa</u>	(0, 1)
		Flore aquatique. (sp. Et non sp.)	Algue(s), flore aquatique, phytoplancton, roseaux, végétation aquatique, mousses aquatiques, nénuphars, plantations diverses, plantes en décomposition, végétation semi-aquatique, ...		
		Généralités	Vie aquatique, différentes espèces aquatiques, êtres vivants aquatiques, faune et flore aquatique, ...		
	<u>Biocénose terrestre</u>	Faune terrestre	Faune terrestre, petits mammifères, insectes à la surface du sol et dans la terre, ...	<u>Fft</u>	(0, 1)
		Flore terrestre	Arbre(s), flore terrestre, végétaux en bordure, végétation de l'environnement, zone forestière, prairies, ...		
		Généralités	Plantes, faune et flore terrestre, ...		

<sup>1</sup> Des exemples illustratifs se trouvent aux annexes 2, 3, 4, 5.

<sup>2</sup> Chaque code correspond à une variable.

<b>Biotope de l'écosystème lacustre</b>	Caractérisation chimique du biotope	Id.	Concentration gaz, salinité, pH, concentration ions, concentration en nutriments dans l'eau, paramètres chimiques de l'eau, conductivité, ...	<b>Bc</b>	(0, 1)
	Caractérisation physique du biotope	Topographie	Bassin versant, lac(s), montagne, nombre de rivières affluentes, pente, profondeur du lac, formation originelle du lac, surface du lac, ...	<b>Bm</b>	(0, 1)
		Autre(s) carac.	Sédimentation, courant, paramètres physiques de l'eau, lac naturel ou non, aménagements, ...		
Caractérisation biologique du biotope	Id.	Densité de population, eutrophisation, indice biotique, productivité, taux de photosynthèse, ...	<b>Bb</b>	(0, 1)	
<b>Interactions dans l'écosystème lacustre</b>	Ecosystème/Atmosphère	Id.	Évaporation à la surface du lac, évapotranspiration, vent (énergie mécanique), pression atmosphérique, ...	<b>Ea</b>	(0, 1)
	Lac/Environnement terrestre	Id.	Ruissellement, approvisionnement en eau par une rivière, échanges et autres relations entre bord du lac et lac, zone apportant au lac des débris végétaux, animaux et minéraux, ...	<b>Le</b>	(0, 1)
	Biocénose/Biocénose	Id.	Décomposeur(s), chaîne (réseau, cycle) trophique, algue (producteur), animaux en décomposition, carnivores 1er, carnivores 2ème, prédation, cohabitation, faune aquatique dulcicole de consommateurs, végétation semi-aquatique pouvant servir de refuge aux oiseaux et aux batraciens ...	<b>Ec</b>	(0, 1)
	Biocénose/Biotope	Id.	Ombrage du lac par les arbres, facteurs abiotiques dépendants des organismes vivants, fond et insectes associés, zone de faible courant pouvant servir de zone de ponte pour les poissons, végétation de surface qui a une influence sur la luminosité, types d'arbre influençant l'acidité du sol, ...	<b>Ecc</b>	(0, 1)
	Energie lumineuse/Ecosystème	Id.	Rayons solaires qui chauffent l'eau, énergie lumineuse pour la photosynthèse, stratification thermique, degré d'ensoleillement, intensité lumineuse selon la profondeur, zone photique et aphotique, ...	<b>Ele</b>	(0, 1)
	Activités humaines/Ecosystème	Id.	Activités humaines (usine, égout, agriculture...), barrage, pêche, pollution du lac par l'homme, utilisation du lac par les hommes, navigation, proximité du lac d'habitation ou non, ...	<b>He</b>	(0, 1)
	Globales (Atm./Lac/Environnement/...)	Id.	Climat, facteurs abiotiques, facteurs biotiques, flux, cycle de l'eau...	<b>G</b>	(0, 1)
<b>Temps dans l'écosystème lacustre</b>	Id.	Id.	Durée d'ensoleillement et régularité de celle-ci, brassages réguliers des eaux, échanges périodiques entre couches de t°; O <sub>2</sub> et nutriments différents, renouvellement des eaux lacustres au printemps et en automne, saison, latitude du point de vue de la durée de l'ensoleillement de la chaleur des saisons et des précipitations.	<b>T</b>	(0, 1)

A cela nous avons ajouté les deux lignes suivantes qui permettent de connaître la richesse globale et l'exactitude des représentations des différentes personnes :

Nombre d'éléments recensés pour chaque questionnaire.	<b>Ncr</b> : (Nbre)
Nombre d'éléments incorrects recensés pour chaque questionnaire	<b>Nei</b> : (Nbre)

### 2.3.2.2.2. Seconde forme de codage :

Par la suite, les 238 représentations de l'écosystème lacustre que nous avons récoltées ont été codées selon 7 attributs<sup>1</sup> que nous avons mis en évidence dans le cadre théorique, avec la possibilité de sous-classes (34 variables au total) :<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Par rapport au modèle didactique que nous avons mis au point dans le cadre théorique (cf *tableau 3* page 72), 8 attributs ont dû être abandonnés, le questionnaire ne permettant pas, ou du moins très difficilement leur analyse. Nous en reparlerons au point 2.5.

<sup>2</sup> Il est à noter que si les éléments BCD1, CLD10, SED17, BVD24, STD 28 et RED33, qui correspondent respectivement aux attributs n°1, 2, 3, 4, 5 et 7, sont codés 0 (absence) alors tous les descripteurs sont également codés 0. Par exemple, si BCD1 (biocénose) n'est pas présent, les éléments allant de BCD2 jusque BCD9 ne le sont pas non plus.

VARIABLES "REPRESENTATION DE L'ECOSYSTEME LACUSTRE"		N°	Code	Signification du code	Codage				
		1.	BCD	(1) - Biocénose (2) - Biocénose aquatique (3) - Biocénose terrestre (4) - Répartition en classes (5) - Dépend des facteurs écologiques (6) - abiotiques (7) - biotiques (8) - trophiques (9) - autres	(0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1)	9			
2.	CLD	(10) - Présence d'une cuvette lacustre (11) - Répartition en classes (12) - Dépend des facteurs écologiques (13) - abiotiques (14) - biotiques (15) - trophiques (16) - autres	(0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1)	7					
3.	SED	(17) - Présence de sédiment (18) - Répartition en classes (19) - Dépend des facteurs écologiques (20) - abiotiques (21) - biotiques (22) - trophiques (23) - autres	(0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1)		7				
4.	BVD	(24) - Présence d'un bassin versant (25) - entier (26) - partiel (27) - Interactions avec les sous-systèmes	(0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1)				4		
5.	STD	(28) - Structure temporelle définie (29) - cyclique (30) - évolutive (31) - fractale	(0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1) (0 ou 1)					4	
6.	FPD	(32) - Fonctions propres du système dont certaines sont essentielles pour l'homme	(0 ou 1)						1
7.	RED	(33) - Ressources épuisables (34) - Pression démographique	(0 ou 1) (0 ou 1)						

A cela nous avons ajouté les catégories suivantes qui permettent de connaître la qualité des représentations lorsqu'on les regarde sous l'angle de leurs attributions :

SAD	- Somme des attributs cités	(0 à 7)
SDD	- Somme des descripteurs d'attributs cités	(0 à 34)
NVD	- Attributs non valides	(nbre)

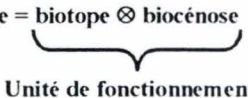
### 2.3.2.3. Troisième partie : La notion d'écosystème :

Nous trouvons intéressant, dans le cadre de ce travail, de déceler une éventuelle relation entre la définition première de l'écosystème que connaît une personne et la représentation qu'elle s'en fait dans un cadre particulier (ici le milieu lacustre). S'il existe une corrélation entre les deux alors il serait peut-être intéressant de voir s'il n'est pas possible d'améliorer la représentation de l'écosystème lacustre en travaillant sur la définition générale des écosystèmes.

Nous avons donc demandé aux répondants de donner une définition simple, voire schématique de l'écosystème pour les obliger à ne retenir que les éléments qui leur semblent vraiment essentiels. Comme précédemment nous avons recensé l'ensemble des termes utilisés puis nous les avons groupés en catégories comme suit :

	<u>Catégories</u>	<u>Exemples</u>	<u>Code</u> <sup>1</sup>	<u>Codage</u>
1.	<u>Vivant</u> :	Etres vivants, animaux, biocénose, éléments, vie, végétation, acteurs, population, individus, espèces, nature...	<u>Viv</u>	(0, 1)
2.	<u>Espace</u> :	Milieu, espace, environnement, biotopes, biomes, biosphère, niche écologique, place...	<u>Esp</u>	(0, 1)
3.	<u>Relations</u> :	Interactions diverses (EV/EV, EV/Milieu, facteurs écologiques/EV, directes et/ou indirectes ...), corrélation, chaîne alimentaire, autonome, cohabitation, harmonie, interdépendance, autorégulation, influençable, intervention...	<u>Rel</u>	(0, 1)
4.	<u>Groupement</u> :	Ensemble, groupe, regroupés, communauté.	<u>Grp</u>	(0, 1)
5.	<u>Spécificité</u> :	Précis, caractéristique, spécifique, particulier, typique, naturel, dynamique, déterminé...	<u>Spf</u>	(0, 1)
6.	<u>Stabilité</u> :	Equilibre, stable, identique, indéfiniment.	<u>Sta</u>	(0, 1)
7.	<u>Facteurs abiotiques (et/ou) biotiques</u>	Facteurs abiotiques (et/ou) biotiques, température, relief, composition du sol, climat, composantes physiques et/ou chimiques...	<u>Fac</u>	(0, 1)
8.	<u>Structure</u> :	Structuré, hiérarchie, niveau d'organisation biologique, complexe, organisé, divisés...	<u>Str</u>	(0, 1)
9.	<u>Temps</u> :	Moment, évolution, développement, période.	<u>Tps</u>	(0, 1)

A cela nous avons ajouté les lignes suivantes qui permettent de voir l'exactitude de la définition des différentes personnes par rapport à celle qui a été donnée à la page 29 du cadre théorique (la notion d'unité fonctionnelle non comprise) :

Pour rappel on a :  $\text{Écosystème} = \text{biotope} \otimes \text{biocénose}$   
  
 Unité de fonctionnement

10.		Définition correcte (biotope ⊗ biocénose, ou équivalent)	<u>Dc</u>	(0, 1)
11.	<u>Définition</u> :	Définition correcte mais incomplète (biotope et ou biocénose et/ou ⊗)	<u>Dci</u>	(0, 1)
12.		Définition qui contient des éléments corrects et incorrects (Id. Dci + incorrects)	<u>Di1</u>	(0, 1)
13.		Définition incorrecte (ni biotope, ni biocénose, ni ⊗ mais autres éléments)	<u>Di2</u>	(0, 1)

Nous n'avons pas codé cette partie selon ses attributs car la question que nous avons posée, par sa forme même, ne s'y prêtait pas comme nous l'expliquerons au point 2.5.

<sup>1</sup> Chaque code correspond à une variable.



Le premier et le troisième tableau peuvent être analysés en l'état grâce à des statistiques simples (moyennes, %...).

L'association du premier tableau avec le second forme un tout qui demande, quant à lui, quelques transformations. Pour synthétiser l'information que cet ensemble contient, nous avons commencé par réduire les 238 personnes en groupes par une analyse de "cluster". Pour cela dans le tableau 2, reprenant les données correspondant à la représentation de l'écosystème lacustre selon ses attributs, on a fait la somme des sous-classes présentes pour chaque attribut cité (de 0 à 9 pour la biocénose et de 0 à 7 pour la cuvette lacustre par exemple) puis on a réalisé l'analyse de "cluster". On a ainsi obtenu des représentations types de l'écosystème lacustre.

Schématiquement, on est donc passé d'un tableau du type ① à un autre de type ② comme suit :

①

	Valeur de la somme des sous-classes pour chaque attribut cité.		
	BCD	...	RED
185 personnes (238-53 qui forment un premier groupe caractérisé par une absence de représentation de l'écosystème lacustre)	Valeur (0 à 9) pour la personne n°1		Valeur (0 à 2) pour la personne n°1
	⋮		⋮
	Valeur (0 à 9) pour la personne n°185		Valeur (0 à 2) pour la personne n°185

Analyse de cluster avec un coefficient de similarité de Gower et une association des individus selon la méthode des poids proportionnels (W.P.G.M.A).



②

	Valeur de la somme des sous-classes pour chaque attribut cité.		
	BCD	...	RED
Groupes correspondants aux représentations types de l'écosystème lacustre.	Valeurs (0 à 9) pour chaque membre du groupe 1		Valeurs (0 à 2) pour chaque membre du groupe 1
	⋮		⋮
	Valeurs (0 à 9) pour chaque membre du groupe n <sub>i</sub>		Valeurs (0 à 2) pour chaque membre du groupe n <sub>i</sub>

Ensuite, a partir du tableau 1, on a réalisé un nouveau tableau. Ce dernier reprend pour chaque groupe mis en évidence, les pourcentages existant pour chacune des 24 classes du profil. Il se présente comme suit :

Etats profil (24)				
		NE (1)	...	IA(24)
<b>Groupe 1</b>	Valeur du % de personnes du groupe 1. connaissant l'état NE.			
⋮				
<b>Groupe n<sub>j</sub></b>				Valeur du % de personnes du groupe n <sub>j</sub> . connaissant l'état IA.

Pour rendre intelligible l'articulation des groupes d'une part et voir s'il existe des éléments du profil qui permettent de comprendre comment l'on passe de l'un à l'autre d'autre part<sup>1</sup>, nous avons réalisé une analyse factorielle des correspondances à partir des données de ce dernier tableau.

#### 2.4.2. Les transformations des données codées proprement dites :

Pour synthétiser l'information que nous avons récoltée, nous avons transformé nos données à l'aide de quelques outils statistiques. Certains d'entre eux sont simples (moyennes, %...) et ne demandent donc pas d'explications. On en a aussi utilisé deux autres, dont il est peut-être bon de dire quelques mots, notamment parce qu'ils impliquent le recours à des choix de notre part. Il s'agit du "clustering" (groupement) et de l'AFC (méthode d'ordination), que nous avons cités plus haut.

<sup>1</sup> Ainsi, si un groupe a une représentation de l'écosystème lacustre plus riche qu'un autre, et que plusieurs éléments de son profil semblent y être liés, il est intéressant de les noter. Ils pourraient peut-être servir dans le cadre d'une amélioration globale de la perception des écosystèmes lacustres.

## 2.4.2.1. Le groupement : (109), (110)

### 2.4.2.1.1. Introduction :

Notre but ici est d'augmenter l'intelligibilité des informations. Le groupement de nos individus va nous permettre d'atteindre cet objectif. En effet, en rassemblant les individus en groupes, on va diminuer fortement le nombre de lignes du tableau et pouvoir définir des représentations types de l'écosystème lacustre, puisque les variables "représentation de l'écosystème lacustre" seront le critère d'association des individus.

Pour réaliser le groupement nous utiliserons le "prologiciel R"(version 3.0) qui calcule, via un coefficient d'association choisi (CA), une semi-matrice d'association qui permet de réaliser le classement proprement dit pour autant que l'on ait sélectionné le mode de groupement des données le plus adéquat.

On détaille, dans les deux points suivant, les choix que l'on doit réaliser pour que l'analyse puisse être effectuée.

### 2.4.2.1.2. Choix du coefficient d'association :

Le "CA" est un indice synthétique permettant de savoir quelle est la similarité entre chaque paire d'individu. L'ensemble des "CA" pour chaque paire est retranscrit dans une matrice carrée dans laquelle les individus sont repris en ligne et en colonne. Lorsque le "CA" a une valeur nulle, c'est qu'il n'existe pas de points communs entre les représentations des deux individus testés. A l'inverse quand il vaut "1" cela signifie que les deux personnes, selon notre codage, ont une représentation similaire de l'écosystème lacustre.<sup>1</sup>

Il existe plusieurs façons différentes de calculer le "CA" selon le type de données que l'on doit traiter. Le choix se fait en deux étapes que l'on peut décrire comme suit :

- 1) En premier lieu, il faut savoir si un "double 0", dans le tableau de données brutes, a une signification. C'est-à-dire que l'on doit voir si l'absence d'un même critère, pour deux personnes qui sont comparées, a un sens. En effet, soit le "0" signifie que l'on ne sait rien du critère considéré (codage impossible pour diverses raisons) et dans ce cas il n'a pas de

---

<sup>1</sup> Ainsi dans la matrice de résultats la diagonale ne contient que des "1" puisque l'on compare alors un individu à lui-même, et chaque ligne est équivalente à chaque colonne. Toute l'information est donc contenue dans chaque partie se trouvant de part et d'autre de la diagonale, et donc une demi-matrice (ou semi-matrice) est suffisante pour la suite des calculs.

valeur, ou alors il exprime la mise en évidence de l'absence du caractère ce qui est intéressant.

Dans notre cas, la valeur "0" pour un attribut donné signifie que la personne n'y fait pas référence et ce, soit parce qu'elle le considère comme négligeable, soit parce qu'elle l'ignore. Le "0" contient donc ici une information dont on doit tenir compte lors de la comparaison des individus.

Pour que le programme puisse prendre en compte le "double 0" on utilise un "CA" dit symétrique, par opposition à un autre dit asymétrique qui exclut le "double 0" et qui traite donc le "0" de façon différente des autres valeurs.

- 2) En second lieu, il faut choisir une mesure d'association entre les individus pour savoir quel "CA" symétrique choisir. Nous utiliserons, quant à nous, le coefficient symétrique de Gower qui est bien adapté pour le type de données que nous traitons.<sup>1</sup>

#### 2.4.2.1.3. Choix de la méthode de classement :

Deux catégories de méthodes existent. Soit on divise l'ensemble des individus en groupes distincts en utilisant la distance qui les sépare<sup>2</sup>, soit on les associe de proche en proche selon leur similarité.

Dans notre cas, c'est cette dernière catégorie de méthodes, dite agglomérative, que nous avons choisie<sup>3</sup>.

Ensuite on doit opter pour une méthode d'agglomération. En effet, au départ chaque individu représente une branche d'un arbre hiérarchique et la distance entre les branches est connue grâce à la semi-matrice de similarité. Cependant, quand des individus sont groupés, la branche qui les représente se trouve alors à une distance inconnue des autres et l'on ne sait pas comment la lier par la suite. En d'autres termes, on a besoin d'une règle de liaison pour déterminer quand deux branches sont suffisamment similaires pour être associées.

---

<sup>1</sup> Association mesurée entre des individus non groupés pour des variables quantitatives qui peuvent connaître plusieurs états comparables (c'est-à-dire que la valeur minimum et maximum de chaque variable a la même signification, ainsi une valeur maximale de 15 pour une variable est identique à une valeur maximale de 3 pour une autre).

Il est à noter ici qu'un détail du calcul de cet indice peu usité est donné à l'annexe 11.

<sup>2</sup> La distance est égale à "1-la similarité"

<sup>3</sup> Pour faire notre choix nous avons simplement suivi les conseils d'utilisation et les mises en garde que l'on aura pu trouver dans la littérature et qui sont bien résumés dans le tableau 8.13 du chapitre 8 (p384-385) de (109). En cas de doute le mieux est d'essayer les deux méthodes et de voir laquelle est la plus "parlante" et la plus logique par rapport aux données brutes.

Objects	212	214	233	431	432	
212	—					Step 1
214	<i>0.600</i>	—				
233	0.000	0.071	—			
431	0.000	0.063	0.300	—		
432	0.000	0.214	0.200	0.500	—	
212-214		—				Step 2
233		0.0355	—			
431		0.0315	0.300	—		
432		0.1070	0.200	0.500	—	
212-214		—				Step 3
233		0.0355	—			
431-432		0.06925	0.250	—		
212-214		—				Step 4
233-431-432		<i>0.05238</i>	—			

**Figure n°1 :** WPGMA de données lacustres. A chaque étape, la plus grande valeur de similarité est identifiée (donnée en italique et en gras) et les deux objets correspondants ou groupes sont fusionnés en calculant la moyenne de leur similarités (encadrements). (109, p. 323)

Deux possibilités s'offrent ici à nous. Premièrement, on peut adopter une forme hiérarchique d'agglomération, dans laquelle les membres d'une association de rang inférieur doivent aussi être présents dans la classe supérieure. Deuxièmement on peut utiliser une forme non hiérarchique où un objet peut changer de groupe à chaque étape de l'association ce qui permet de dissocier les différents niveaux de groupements et de former, pour chacun d'entre eux, les ensembles les plus homogènes possibles.

Nous utiliserons, quant à nous, la première forme qui est usitée généralement pour réaliser des études exploratoires d'échantillons dans lesquels on n'a aucune idée de l'hétérogénéité.

Nous avons choisi, après avoir réalisé des essais de différentes méthodes agglomératives hiérarchiques, la WPGMA (Weighted Pair-Group Method using Arithmetic averages) ou classification selon les poids proportionnels. Elle permet de traiter des données provenant d'un échantillonnage dans lequel les individus ne se répartissent pas uniformément et où les groupes formés au fur et à mesure seront de taille très différente car elle donnera un poids égal à deux branches avant leur fusion (ainsi un groupe de 2 individus aura le même poids qu'un autre de 50). Le processus d'association de cette méthode est illustré à la *figure 1* et sa représentation sous forme de dendrogramme des résultats à la *figure 2*.

#### 2.4.2.2. L'ordination : (109), (111), (112)

##### 2.4.2.2.1. Choix de la méthode d'ordination :

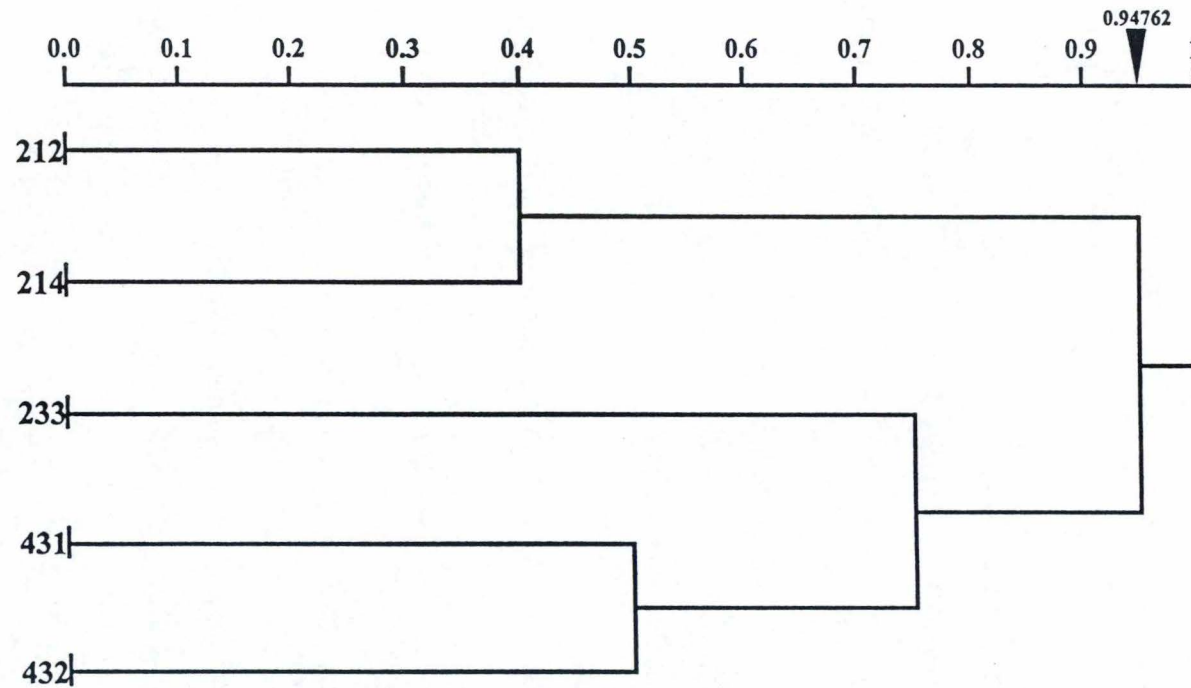
Les méthodes d'ordination sont utilisées pour décrire, sous forme graphique notamment, le maximum de l'information contenue dans un tableau. Elles sont utilisées soit de façon confirmatoire pour vérifier la validité d'un modèle ou d'une théorie, soit de manière exploratoire, comme cela sera notre cas. Pour ce faire, ces méthodes vont permettre de mettre en évidence des facteurs ou axes de projection des données. Grâce à ces derniers, on va pouvoir à la fois dégager la structure des données et la condenser.

Il existe plusieurs analyses statistiques qui permettent de réaliser ce genre de travail<sup>1</sup>, chacune étant adaptée à un type de données particulières.

Dans notre cas nous traitons un tableau complet (pas de données manquantes) de données quantitatives positives (pourcentages) dans lequel le nombre de variables (24 variables "profil")

---

<sup>1</sup> Par exemple l'analyse en composantes principales, l'analyse canonique, l'analyse factorielle de correspondance, etc.



**Figure n° 2** :Dendrogramme représentant le WPGMA de données lacustres. Il est réalisé au départ des valeurs indiquées dans la **figure n° 1**. Attention, ici les données représentées correspondent aux **distances entre les éléments**. Ainsi, l'association des groupes [212-214] et [233-431-432] montre une **similarité de 0.05238**, ce qui correspond à un éloignement de "1-0.05238", soit **0.94762**. (Illustration réalisée d'après 109, p. 323)

est supérieur au nombre d'objets (10 groupes). Si l'analyse factorielle de correspondance (AFC) et l'analyse en composante principale (ACP) sont bien adaptées pour ce type de données, cette dernière ne permet pas de traiter des tableaux dans lesquels le nombre de variables est supérieur au nombre d'objet. On utilisera donc l'AFC, réalisée par le logiciel CANOCO, pour analyser nos données.

#### 2.4.2.2.2. L'AFC. :

L'AFC a été créée à la base pour traiter des tableaux de contingence<sup>1</sup>, c'est-à-dire des tableaux dans lesquels l'individu n'apparaît pas de façon directe, mais sous forme d'effectif.

Ex :

		<b>Profil des personnes :</b>			
		Etat 1	Etat 2	...	Etat n
<b>Représentations de l'écosystème lacustre réparties en groupes :</b>	G1	% du groupe 1 connaissant l'état 1 dans son profil.			
	G2				
	...				
	G10				

Dans ce tableau, chaque ligne et chaque colonne correspond à la coordonnée d'un point. Ainsi la coordonnée de G1 et de Etat 1 :

	<b>Etat 1</b>				
<b>G1 :</b>	x	y	z	...	n <sub>i</sub>
	y				
	z				
	⋮				
	n <sub>j</sub>				

Où x, y et z, ... représentent les coordonnées dans les "n" différentes dimensions.

<sup>1</sup> Il est à noter que les AFC permettent de traiter bien d'autres tableaux dont nous ne parlerons pas ici.

G1 est un "point-ligne" qui se trouve dans un espace dont le nombre " $n_i$ " de dimensions est égal au nombre de colonnes du tableau. De même, Etat 1 est un "point-colonne" qui se trouve dans un espace dont le nombre " $n_j$ " de dimensions est égal au nombre de lignes du tableau.

L'ensemble des "points-lignes" et des "points-colonnes" forme deux nuages de points à plusieurs dimensions, souvent supérieur à 3, qu'il est impossible d'interpréter directement.

L'AFC est une méthode d'analyse multivariée d'ordination, c'est-à-dire qu'elle va nous permettre de réaliser des graphiques dans lesquels les éléments de notre tableau de base sont placés de telle façon que le nombre de dimensions de départ soit suffisamment petit (2 dimensions par exemple) pour permettre une lecture aisée tout en essayant de conserver le maximum de l'information présente dans un nuage de point originel. Pour cela, on détermine les axes de projection<sup>1</sup> (facteurs), qui sont les plus aptes à représenter la structure<sup>2</sup> d'un nuage.

Dans l'AFC, lignes et colonnes sont traités successivement comme des variables pour donner deux nuages de points. Ces derniers sont représentés sur le même graphique car il existe des relations mathématiques simples entre les coordonnées factorielles des nuages.

Pour faire l'étude de la représentation graphique des résultats il faut tenir compte de plusieurs éléments :

#### 1) Le nombre d'axes de projection :

Le choix du nombre d'axes de projection à prendre en considération dépend de la valeur propre<sup>3</sup> associée à chacun d'eux. Il s'agit de faire un bon compromis entre l'information que l'on perd (% de variance non expliquée par les axes requis) et l'augmentation de la complexité d'interprétation due à l'augmentation du nombre d'axes. Ainsi si deux axes expliquent 80% de la variance totale et trois 82%, alors il n'est nécessaire de prendre en considération que les deux premiers.

---

<sup>1</sup> Ces derniers ont eux-mêmes une signification propre qu'il sera nécessaire de découvrir. Pour qu'ils soient interprétables il est nécessaire qu'ils ne soient pas corrélés, autrement dit ils doivent être orthogonaux. De plus, pour faciliter leur analyse, on les normalise et on dit alors qu'ils sont orthonormaux.

<sup>2</sup> Ce qui nous intéresse surtout, c'est de connaître les corrélations existant entre les différentes variables. Ainsi, pour trouver les coordonnées des facteurs, l'AFC ne traite pas directement le tableau de données brutes mais le transforme en tableau de fréquences relatives puis en matrice de corrélation respectant la métrique du khi-2. Les facteurs déduits de la matrice de corrélation correspondent donc aux axes de projection montrant au mieux la corrélation entre les variables et les axes d'une part et la corrélation entre les différentes variables d'autre part.

<sup>3</sup> Une valeur propre donnée permet de savoir quelle est la quantité de variance totale expliquée par l'axe qui lui correspond. La signification de l'axe augmente de façon proportionnelle à l'importance de sa valeur propre.

## 2) Les particularités de la métrique du khi-2<sup>1</sup> :

L'AFC respecte une métrique dite de "Khi-2" grâce à laquelle 2 éléments comparés seront proches s'ils connaissent la même répartition. Ainsi si les deux "points-lignes" G1 et G2 connaissent le même type de profil, ils seront proches.

Il faut savoir que la distance  $\chi^2$  a la particularité de revaloriser les lignes et les colonnes les plus faibles par comparaison aux distances euclidiennes (somme des carrés des écarts entre les groupes (lignes) pris deux par deux pour chaque variable (colonnes)) utilisées dans l'ACP par exemple.

## 3) Les particularités graphiques de l'expression des résultats :

Lorsque l'on fait la lecture du résultat graphique on doit se rappeler que l'agencement des variables résulte de projections qui peuvent être déformantes. Ainsi deux variables qui paraissent proches graphiquement ne le sont pas forcément. De plus les variables contiguës des axes n'y sont pas forcément liées.

Pour voir s'il n'y a pas d'aberration dans notre interprétation on se reportera donc aux données brutes d'une part et à d'autres valeurs données par le programme en même temps que le résultat graphique (pourcentage de variation de chaque variable expliquée par chaque axe notamment)

## 2.5. Critique de la méthodologie :

### 2.5.1. Le questionnaire :

Comme on l'a expliqué à la page 6 du cadre théorique, les questionnaires pour les vétérinaires, les biologistes et la population que nous avons présentés plus haut ont été réalisés dès le début du mémoire, pour des raisons conjoncturelles. En effet, puisque nous ne savions pas à quel moment ce mémoire allait être présenté, il nous semblait nécessaire de soumettre rapidement le questionnaire aux répondants pour avoir des résultats avant que les étudiants, qui forment la plus grande partie de notre échantillon, ne rentrent en blocus. Regrettablement,

---

<sup>1</sup> Pour rappel, cette métrique est utilisée à la base dans le test de khi-2 ( $\chi^2$ ) où l'on mesure la distance entre un effectif réellement observé et un autre hypothétique "espéré", "théorique" ou calculé, c'est-à-dire celui qui serait observé si  $H_0$  était vraie. Ainsi il est assez naturel, pour mesurer la distance entre deux points qui représentent des effectifs, d'utiliser une métrique du  $\chi^2$  comme on le fait lors du test du même nom

comme il a été indiqué<sup>1</sup>, l'idée d'utiliser un modèle d'attribution n'est venue que bien plus tard et le questionnaire, qui permettait de récolter un maximum de données, est devenu moins efficient. De ce fait nous ne pourrions, comme il est indiqué dans les résultats, traiter que 7 attributs sur les 15 que nous avons mis en évidence au départ dans notre modèle didactique de l'écosystème lacustre. De plus, puisque nous avons demandé aux répondants de donner la définition la plus succincte possible de l'écosystème<sup>2</sup>, il sera impossible de la coder selon ses attributs et de pouvoir faire le lien entre les attributs retrouvés dans cette dernière et ceux de la représentation de l'écosystème lacustre.

L'utilisation d'un questionnaire pose, en elle même, aussi quelques difficultés : **(108)**

- 1) De nombreux facteurs peuvent venir influencer, dans une proportion plus ou moins importante, les résultats que l'on obtient et il est très difficile, voir impossible, de les quantifier et de les analyser. Ainsi, nous pouvons citer par exemple, comme facteurs probables : la forme des questions, l'ordre dans lequel elles sont posées, le contexte dans lequel se trouve le répondant au moment de son interrogation, les explications et consignes orales supplémentaires qui sont données, etc.
- 2) Un questionnaire ne nous donne qu'une image d'une situation à un moment précis. Les résultats que l'on peut déduire de son analyse ne sont donc pas généralisables.
- 3) Une fois nos questionnaires remplis il est nécessaire de les coder pour pouvoir en faire une analyse, et cela n'est pas sans conséquences, comme nous l'expliquons au point suivant.

### **2.5.2. Le codage du questionnaire :**

Le dépouillement des réponses nécessite, de la part des personnes qui en analysent le contenu des questionnaires, le recours à l'extrapolation et à l'empathie ce qui implique aussi un recours plus ou moins élevé à la subjectivité. **(113)**

Ainsi quand, dans sa représentation de l'écosystème lacustre, une personne dessine un poisson dans un lac devons-nous l'interpréter :

- 1) Comme un simple désir d'esthétique.
- 2) Comme une représentation symbolique de l'existence d'une forme de vie animale aquatique dans un écosystème lacustre.

---

<sup>1</sup> Voir à la page 6 de l'introduction ou un schéma de l'évolution de la réalisation de ce mémoire a été donné.

<sup>2</sup> Pour pouvoir la comparer à celle que l'on peut retrouver dans la littérature et qui a été donnée à la page 29 du cadre théorique.

- 3) Comme une mise en évidence de l'élément piscicole comme étant un facteur important à prendre en compte dans le fonctionnement d'un lac.
- 4) Comme l'indication que l'écosystème lacustre peut être considéré comme une réserve vivrière.
- 5) Etc.

De plus, lorsqu'un répondant ne nous donne pas un élément que l'on attend, comme cela a souvent été le cas pour la notion de temps, cela signifie-t-il :

- 1) Qu'il n'a pas connaissance de l'élément.
- 2) Qu'il connaît l'élément mais qu'il ne le considère pas comme important.
- 3) Qu'il connaît l'élément mais qu'il ne parvient pas à le représenter ou à l'exprimer de façon écrite.
- 4) Qu'il connaît l'élément mais qu'il a oublié de le représenter.
- 5) Qu'il connaît l'élément mais qu'il n'a pas envie de faire l'effort de répondre au questionnaire.
- 6) Etc.

### **2.5.3. L'échantillonnage :**

Dans un premier temps nous voulions essayer de mettre en évidence, chez deux groupes d'étudiants en sciences ayant eu ou non un cours en rapport avec les sciences de l'eau au supérieur, une dérive potentielle de leurs représentations de l'écosystème lacustre par comparaison à celle que l'on peut observer dans la théorie. Nous supposons que, s'il était possible d'en trouver une dans ces deux ensembles sélectionnés et relativement spécialisés, celle-ci devait forcément exister dans la population générale. Dans cette optique l'échantillon de population ne devait pas être de taille importante puisqu'il n'était là que pour vérifier que l'on retrouvait bien la dérive mise en évidence chez les étudiants. Ainsi nous n'avons repris que 30 réponses pour ce groupe.

Nous avons procédé, pour faire le lien entre le profil et les représentations "attributives" de l'écosystème lacustre, de façon différente. Il a été nécessaire de traiter tous nos questionnaires comme un seul bloc, notamment parce que l'on s'est rendu compte qu'il existait au sein des deux "cohortes" d'étudiants une grande hétérogénéité de représentations et que ces dernières s'entrecroisaient. Ainsi les deux groupes universitaires de départ se scindent en dix sous-groupes de représentations dans lesquelles la population globale se trouve diluée et donc presque sans poids.

#### 2.5.4. Conclusion :

Tous les points que nous venons de viser vont avoir une incidence sur nos résultats. Pour pallier à ces problèmes et mettre toutes les chances de notre côté, nous aurions dû, rétrospectivement, procéder comme suit :

- 1) Commencer par créer nos outils.
- 2) En fonction de ceux-ci mettre au point un questionnaire adapté aux outils créés, contenant une part dessinée dont l'utilité nous semble intéressante pour évaluer des représentations d'écosystèmes.
- 3) Homogénéiser les conditions de remplissage des questionnaires.
- 4) Réaliser plusieurs petits échantillonnages à des intervalles de temps régulier pour augmenter la représentativité des échantillons.
- 5) Echantillonner de façon égale la population et les étudiants.
- 6) Une fois le questionnaire rempli, réaliser une interview des répondants. Cela devant faciliter la compréhension des réponses reçues, limiter la part de subjectivité et permettre de tester les attributs difficilement mis en évidence par la voie dessinée ou écrite.

Questions :	Variables du profil des répondants	GEN (238)	VT (140)	BIO (68)	POP (30)				
Profession, heures de bio/sem, section, études, âge ...	Non étudiant	10.50	0.00	0.00	83.33				
	Etudiant	89.50	100.00	100.00	16.67				
	Heures de biologie en secondaire*	2.43	2.87	2.25	0.77				
	Cours ayant trait aux sciences de l'eau en supérieur	29.41	0.00	100.00	6.67				
	Universitaire ou assimilé	90.76	100.00	100.00	26.67				
	Non Universitaire	9.24	0.00	0.00	73.33				
	Etudes secondaires en Belgique	83.61	72.86	100.00	96.67				
	Jeune (Né après 1965)	92.02	100.00	100.00	36.67				
Moins Jeune (Né avant 1965)	7.98	0.00	0.00	63.33					
Vous a-t-on sensibilisé à des problèmes liés à l'eau ?	Non sensibilisé	10.92	13.57	2.94	16.67	GEN	VT	BIO	POP
	sensibilisé	89.08	86.43	97.06	83.33	100.00	100.00	100.00	100.00
Si oui, où ?	Famille	30.67	35.00	30.88	10.00	34.43	40.50	31.82	12.00
	Ecole primaire	28.99	31.43	35.29	3.33	32.55	36.36	36.36	4.00
	Ecole secondaire	54.20	58.57	66.18	6.67	60.85	67.77	68.18	8.00
	Ecole supérieure	13.45	9.29	26.47	3.33	15.09	10.74	27.27	4.00
	Médias	16.81	9.29	10.29	66.67	18.87	10.74	10.61	80.00
	Participation personnelle active	23.11	17.14	39.71	13.33	25.94	19.83	40.91	16.00
Si oui, de quel(s) sujet(s) s'agissait-il ?	Pollution des eaux	55.88	57.86	58.82	40.00	62.74	66.94	60.61	48.00
	Problèmes liés à la pollution des eaux	33.19	29.29	48.53	16.67	37.26	33.88	50.00	20.00
	Problèmes liés à la répartition de l'eau	31.09	34.29	29.41	20.00	34.91	39.67	30.30	24.00
	Données fonctionnelles	3.36	2.86	4.41	3.33	3.77	3.31	4.55	4.00
	Données générales et descriptives*	23.11	16.43	29.41	40.00	25.94	19.01	30.30	48.00
Vous intéressez-vous aux sciences de l'eau ? Pourquoi ?	Non intéressé	31.51	38.57	14.71	36.67	100.00	100.00	100.00	100.00
	Pas d'intérêt pour les sciences de l'eau, car manque d'informations sur le sujet*	3.36	5.00	0.00	3.33	10.67	12.96	0.00	9.09
	Pas d'intérêt pour les sciences de l'eau car manque de temps pour s'y intéresser*	2.94	3.57	0.00	6.67	9.33	9.26	0.00	18.18
	Pas d'intérêt pour les sciences de l'eau pour diverses raisons personnelles*	5.04	5.00	1.47	13.33	16.00	12.96	10.00	36.36
	Pas d'intérêt, sans précisions supplémentaires*	20.17	25.00	13.24	13.33	64.00	64.81	90.00	36.36
	Intéressé	68.49	61.43	85.29	63.33	100.00	100.00	100.00	100.00
	Eau = source de vie	44.96	41.43	52.94	43.33	65.64	67.44	62.07	68.42
	Eau = source de problème	14.71	14.29	16.18	13.33	21.47	23.26	18.97	21.05
	Eau = source de connaissance	10.08	7.14	20.59	0.00	14.72	11.63	24.14	-
	Eau = source d'argent	3.36	2.86	5.88	0.00	4.91	4.65	6.90	-
	Intérêt pour les sciences de l'eau: autres sujets*	10.08	9.29	8.82	16.67	14.72	15.12	10.34	26.32

**Tableau 1 :** On fait apparaître ici les pourcentages généraux ("GEN"), des vétérinaires ("VT"), des biologistes ("BIO") et de la population ("POP") pour les différentes variables du profil des répondants.

Les pourcentages indiqués dans les 4 premières colonnes de valeurs chiffrées sont calculés sur l'ensemble des répondants. Ainsi 9.29% des "VT" (soit 13/140) ont été sensibilisés en école supérieure.

Les pourcentages des 4 colonnes suivantes sont calculés sur la partie des répondants concernée par une question précise. Ainsi seuls 86.43% des "VT" ont été

## 3<sup>ème</sup> Partie : Résultats et discussion :

### 3.1. Introduction :

On va, dans un premier temps, survoler les données récoltées pour le profil, le premier codage de l'écosystème lacustre et le codage de l'écosystème. Ensuite on s'attardera sur les représentations de l'écosystème lacustre en les analysant selon leurs attributs.

### 3.2. Première analyse des résultats :

#### 3.2.1. Profils des répondants :

##### 3.2.1.1. Description des résultats :

- Le tableau 1 fait apparaître que:
  - le nombre de périodes de cours biologie est plus élevé chez les étudiants (vétérinaires ("VT") et biologistes ("BIO")) (plus de 2 par semaine) que dans la population ("POP") (moins d'une par semaine).
  - le pourcentage d'universitaires ou assimilés est relativement grand<sup>1</sup> dans notre échantillon de population (26.7%).
  - le pourcentage de personnes non sensibilisées par des sujets en rapport avec l'eau n'est pas élevé (moins de 17% dans tous les cas).
  - les étudiants sensibilisés par des sujets en rapport avec l'eau le sont majoritairement en secondaire (67.77% pour les "BIO" et 68.18% pour les "VT").
  - la "POP" sensibilisée par des sujets en rapport avec l'eau l'est principalement par les médias (80%).
  - les étudiants "BIO" ont été peu sensibilisés par les cours traitant de façon spécifique ou non du fonctionnement des écosystèmes aquatiques (27.27%).
  - les sujets de sensibilisation liés au fonctionnement des systèmes aquatiques sont très rares (inférieur à 5% dans tous les cas).

---

<sup>1</sup> Le nombre d'universitaires ou assimilés qu'il y avait en 1999 en Belgique était de 767.744 sur une population totale de 8.408.608 personnes de 15 ans ou plus. Cela correspond à un pourcentage de 9.1%. (114)

- le pourcentage de personnes non intéressées par les sciences de l'eau n'est pas négligeable, surtout chez les "VT" (38.57%) et la "POP" (36.67%).
- la cause du désintérêt pour les sciences de l'eau n'est pas due à un manque d'information, en général (seuls 10.67% des répondants qui ne sont pas intéressés disent manquer de renseignements).
- la motivation des personnes qui s'intéressent aux sciences de l'eau est principalement due au rapport entre l'eau et la vie (*eau = source de vie*) (65.64% de façon globale) et très peu au lien entre l'eau et les connaissances (*eau = source de connaissances*) (0% dans la "POP" et 11.63% chez les "VT", notamment).

### 3.2.1.2. Synthèse :

Dans notre échantillonnage, nous avons bien deux courants. D'une part on a celui des "VT" et "BIO" qui ont bénéficiés d'un enseignement scientifique pendant tout leur cursus scolaire et d'autre part nous avons celui de la "POP" aux origines indistinctes<sup>1</sup>.

L'information disponible est assez importante (ce qui ne veut pas forcément dire qu'elle est de bonne qualité) dans le domaine des sciences de l'eau. Les étudiants s'informent en général par leurs cours et les autres par les médias.

On peut émettre l'hypothèse, au vu des résultats, que les sujets de sensibilisation retenus sont ceux qui touchent directement le citoyen. Ainsi, si la plupart des personnes intéressées par les sciences de l'eau considèrent l'eau comme étant liée à la vie en général et donc aussi à la leur en particulier, ce sont les sujets qui risquent de mettre en péril cette ressource qui sensibilisent (la pollution des eaux et ses conséquences ainsi que les problèmes de répartition de l'eau), bien plus que ceux qui ont trait aux aspects fonctionnels<sup>2</sup>.

On peut aussi penser que vient s'ajouter à cela le fait que l'information de type sensationnelle, plus simple à transmettre, est privilégiée par les médias comme on l'a vu dans le cadre théorique<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Il est à noter que notre population contient un taux élevé de personnes ayant accompli des études supérieures de type long. ce qui pourrait éventuellement biaiser nos résultats.

<sup>2</sup> Ainsi, on peut supposer que le pourcentage relativement bas de "BIO" se disant sensibilisés en supérieur. alors qu'ils ont reçu un cours traitant du fonctionnement des écosystèmes lacustres. peut s'expliquer de cette façon.

<sup>3</sup> Voir page 14.

	Gen	VT	BIO	POP
% de réponses pour l'écosystème lacustre :	78.6	68.6	98.5	80.0
% de réponses pour l'écosystème :	90.3	89.3	94.1	86.7

**Tableau 2 :** On présente ici les pourcentages des différentes catégories de répondants (général ("GEN"), vétérinaires ("VT"), biologistes ("BIO") et population ("POP")) qui ont répondu aux questions concernant l'écosystème lacustre et la définition de l'écosystème.

Ecosystème lacustre :	Gen (%)	VT (%)	BIO (%)	POP (%)
Ne répond pas car :				
- ne sais pas dessiner	2.0	0.0	100.0	0.0
- jamais vu	49.0	43.2	0.0	100.0
- pas sûr de sa représentation	3.9	4.5	0.0	0.0
- vu mais oublié	5.9	6.8	0.0	0.0
- non précisé	39.2	45.5	0.0	0.0

**Tableau 3 :** On fait apparaître ici les causes d'absence de réponse pour la représentation de l'écosystème lacustre.

Les pourcentages sont calculés en ne tenant compte que du nombre de répondants qui n'ont pas donné de réponse. Ainsi 1 seul "BIO" n'a pas répondu, et cela parce qu'il ne savait pas dessiner, ce qui donne donc un pourcentage de 100% dans la catégorie "ne sait pas dessiner" des "BIO".

	%	Ner	Nei
GEN	78.57	6.41	0.02
	100	8.16	0.03
VT	68.6	4.91	0.01
	100	7.17	0.02
BIO	98.5	9.65	0.00
	100	9.79	0.00
POP	80	6.07	0.10
	100	7.58	0.13

**Tableau 4 :** On reprend ici le nombre moyen d'éléments recensés ("Ner") dans la représentation de l'écosystème lacustre de chaque groupe de répondants ("BIO" = biologistes, "VT" = vétérinaires, "POP" = population et "GEN" = général) et parmi ces éléments, ceux qui sont incorrects pour ce type particulier de système ("Nei").

Pour chaque groupe, 2 valeurs sont indiquées. La première montre le nombre d'éléments recensés par rapport à l'ensemble des questionnaires, et la seconde indique le nombre d'éléments recensés parmi les répondants qui ont fourni une représentation de l'écosystème lacustre. C'est ce qu'explique la colonne "%". Ainsi si 78.57% (soit 187/238) des répondants ont donné une représentation de l'écosystème lacustre, le nombre moyen d'éléments recensés pour les 238 répondants est de 6.41. Par contre si l'on calcule le nombre d'éléments recensés sur les personnes qui ont donné une réponse (soit 187), on obtient une valeur moyenne de 8.16 éléments pour les 187 individus ayant une représentation de l'écosystème lacustre.

### 3.2.2. Représentations de l'écosystème lacustre :

#### 3.2.2.1. Description des résultats :

- Les tableaux 2 et 3 font apparaître que :
  - la plupart des personnes interrogées (78.6%) sont capables d'exprimer une représentation de l'écosystème lacustre.
  - le taux de "VT" qui ont représenté l'écosystème lacustre est relativement bas (68.6%) par rapport aux "BIO" (98.5%) et à la "POP" (80%).
  - les "VT" qui ne représentent pas l'écosystème lacustre sont nombreux à ne pas préciser pourquoi (45.5%) alors que les deux autres groupes fournissent toujours une explication.
  
- le tableau 4 fait apparaître que :
  - le nombre d'éléments recensés dans les représentations de l'écosystème lacustre est plus élevé chez les "BIO" (9.79) que dans les deux autres groupes qui ont tous deux des valeurs relativement proches ( $\approx 7$ ).
  - le nombre d'éléments incorrects recensés dans les représentations est négligeable (0.03 en moyenne)
  
- Les tableaux 5, 6, 7, 8, 9 et le graphique 1 font apparaître que :
  - le nombre de catégories d'éléments, décrivant l'écosystème lacustre, qui sont citées par plus de la moitié des personnes varie d'un groupe à l'autre :

Les "VT" citent 4 catégories qui sont, dans l'ordre décroissant de fréquence: *la faune et la flore aquatique* ("Ffa" = 72.92%), *les interactions entre l'écosystème et l'atmosphère* ("Ea" = 56.25%), *la caractérisation physique du biotope* ("Bm" = 68.66%), *faune et flore terrestre* ("Fft" = 51.04%).

Les "BIO" citent 6 catégories qui sont, dans l'ordre décroissant de fréquence: *la faune et la flore aquatique* ("Ffa" = 94.3%), *la faune et la flore terrestre* ("Fft" = 86.57%), *les interactions entre l'énergie lumineuse et l'écosystème* ("Ele" = 71.64%), *la caractérisation physique du biotope* ("Bm" = 68.66%), *les interactions entre la biocénose et le biotope* ("Eec" = 59.70%), *la caractérisation chimique du biotope* ("Bc" = 50.75%).

	%	Bb	Bc	Bm	Ea	Ee	Eec	Ele	Ffa	Fft	G	He	Le	T
GEN	78.6	10.50	18.49	44.54	35.29	17.23	37.82	38.66	63.45	50.84	22.69	17.65	34.45	2.52
	100	13.37	23.53	56.68	44.92	21.93	48.13	49.20	80.75	64.71	28.88	22.46	43.85	3.21
VT	68.6	0.71	4.29	37.86	38.57	15.00	27.86	27.86	50.00	35.00	26.43	13.57	31.43	0.00
	100	1.04	6.25	55.21	56.25	21.88	40.63	40.63	72.92	51.04	38.54	19.79	45.83	0.00
BIO	98.5	30.88	50.00	67.65	33.82	26.47	58.82	70.59	92.65	85.29	20.59	22.06	39.71	8.82
	100	31.34	50.75	68.66	34.33	26.87	59.70	71.64	94.03	86.57	20.90	22.39	40.30	8.96
POP	80	10.00	13.33	23.33	23.33	6.67	36.67	16.67	60.00	46.67	10.00	26.67	36.67	0.00
	100	12.50	16.67	29.17	29.17	8.33	45.83	20.83	75.00	58.33	12.50	33.33	45.83	0.00

**Tableau 5 :** Tableau reprenant, pour chaque catégorie d'éléments que l'on trouve dans la représentation de l'écosystème lacustre, le pourcentage obtenu par les différents groupes de répondants ("GEN", "VT", "BIO", "POP").

La valeur supérieure correspond au pourcentage calculé pour l'ensemble des répondants et l'inférieure à celui qui est calculé sur la partie des répondants qui ont donné une réponse.

Signification des variables :

"Bb" = caractérisation biologique du biotope; "Bc" = caractérisation chimique du biotope; "Bm" = caractérisation physique du biotope; "Ea" = interactions entre l'écosystème et l'atmosphère; "Ee" = interactions entre la biocénose et la biocénose; "Eec" = interactions entre la biocénose et le biotope; "Ele" = interactions entre l'énergie lumineuse et l'écosystème; "Ffa" = biocénose aquatique; "Fft" = biocénose terrestre; "G" = interactions globales; "He" = interactions entre les activités humaines et l'écosystème; "Le" = interactions entre le lac et l'environnement terrestre; "T" = temps dans l'écosystème lacustre.

Classement des catégories d'éléments de la représentation de l'écosystème lacustre selon les pourcentages qu'elles ont obtenues							
	GEN	VT	BIO	POP			
Ffa	80.75	Ffa	72.92	Ffa	94.03	Ffa	75.00
Fft	64.71	Ea	56.25	Fft	86.57	Fft	58.33
Bm	56.68	Bm	55.21	Ele	71.64	Eec	45.83
Ele	49.20	Fft	51.04	Bm	68.66	Le	45.83
Eec	48.13	Le	45.83	Eec	59.70	He	33.33
Ea	44.92	Eec	40.63	Bc	50.75	Bm	29.17
Le	43.85	Ele	40.63	Le	40.30	Ea	29.17
G	28.88	G	38.54	Ea	34.33	Ele	20.83
Bc	23.53	Ee	21.88	Bb	31.34	Bc	16.67
He	22.46	He	19.79	Ee	26.87	Bb	12.50
Ee	21.93	Bc	6.25	He	22.39	G	12.50
Bb	13.37	Bb	1.04	G	20.90	Ee	8.33
T	3.21	T	0.00	T	8.96	T	0.00

**Tableau 6 :** Il s'agit ici d'une réorganisation du tableau 5, ne prenant en considération que les pourcentages calculés sur la partie des répondants qui ont donné une réponse (soit les valeurs inférieures de chaque ligne du tableau 5).

Il permet de voir, pour chaque catégorie d'éléments que l'on trouve dans la représentation de l'écosystème lacustre, quelles sont celles qui sont les plus citées. Les variables grisées sont celles qui sont citées par plus de 50% des personnes ayant donné une réponse.

	%	Bb	Bc	Bm	Ea	Ee	Eec	Ele	Ffa	Fft	G	He	Le	T
POP	80	10.00	13.33	23.33	23.33	6.67	36.67	16.67	60.00	46.67	10.00	26.67	36.67	0.00
	100	12.50	16.67	29.17	29.17	8.33	45.83	20.83	75.00	58.33	12.50	33.33	45.83	0.00
POP non universitaire (POPnu)	77.3	17.65	11.76	35.29	29.41	5.88	41.18	23.53	76.47	58.82	17.65	35.29	35.29	0.00
	100	18.75	12.50	37.50	31.25	6.25	43.75	25.00	81.25	62.50	18.75	37.50	37.50	0.00
POP universitaire ou assimilée (POPu)	87.5	0.00	25.00	12.50	25.00	12.50	50.00	12.50	62.50	50.00	0.00	25.00	62.50	0.00
	100	0.00	28.57	14.29	28.57	14.29	57.14	14.29	71.43	57.14	0.00	28.57	71.43	0.00

**Tableau 7 :** Dans ce tableau on a fait la distinction, dans la "POP", entre la partie universitaire ("POPu") et non universitaire ("POPnu"). Ensuite on a calculé pour "POP" et ses 2 sous-groupes ("POPu" et "POPnu"), les pourcentages obtenus pour chaque catégorie d'éléments que l'on trouve dans la représentation de l'écosystème lacustre.

La valeur supérieure correspond au pourcentage calculé pour l'ensemble des répondants et l'inférieure à celui qui est calculé sur la partie des répondants qui ont donné une réponse.

Signification des variables :

"Bb" = caractérisation biologique du biotope; "Bc" = caractérisation chimique du biotope; "Bm" = caractérisation physique du biotope; "Ea" = interactions entre l'écosystème et l'atmosphère; "Ee" = interactions entre la biocénose et la biocénose; "Eec" = interactions entre la biocénose et le biotope; "Ele" = interactions entre l'énergie lumineuse et l'écosystème; "Ffa" = biocénose aquatique; "Fft" = biocénose terrestre; "G" = interactions globales; "He" = interactions entre les activités humaines et l'écosystème; "Le" = interactions entre le lac et l'environnement terrestre; "T" = temps dans l'écosystème lacustre.

Classement des catégories d'éléments de la représentation de l'écosystème lacustre selon les pourcentages qu'elles ont obtenues								
a. POP		b. POPnu		(b-a)		c. POPu		(c-a)
Ffa	75.00	Ffa	76.47	1.47	Ffa	71.43	-3.57	
Fft	58.33	Fft	58.82	0.49	Le	71.43	25.60	
Le	45.83	Eec	41.18	-4.66	Eec	57.14	11.31	
Eec	45.83	Bm	35.29	6.13	Fft	57.14	-1.19	
He	33.33	He	35.29	1.96	Bc	28.57	11.90	
Bm	29.17	Le	35.29	-10.54	Ea	28.57	-0.60	
Ea	29.17	Ea	29.41	0.25	He	28.57	-4.76	
Ele	20.83	Ele	23.53	2.70	Bm	14.29	-14.88	
Bc	16.67	Bb	17.65	5.15	Ee	14.29	5.95	
Bb	12.50	G	17.65	5.15	Ele	14.29	-6.55	
G	12.50	Bc	11.76	-4.90	Bb	0.00	-12.50	
Ee	8.33	Ee	5.88	-2.45	G	0.00	-12.50	
T	0.00	T	0.00	0.00	T	0.00	0.00	

**Tableau 8 :** Ce tableau permet de voir quelles sont les catégories d'éléments que l'on trouve dans la représentation de l'écosystème lacustre qui sont probablement sur- ou sous- estimées à cause de la présence trop importante d'universitaires dans la "POP".

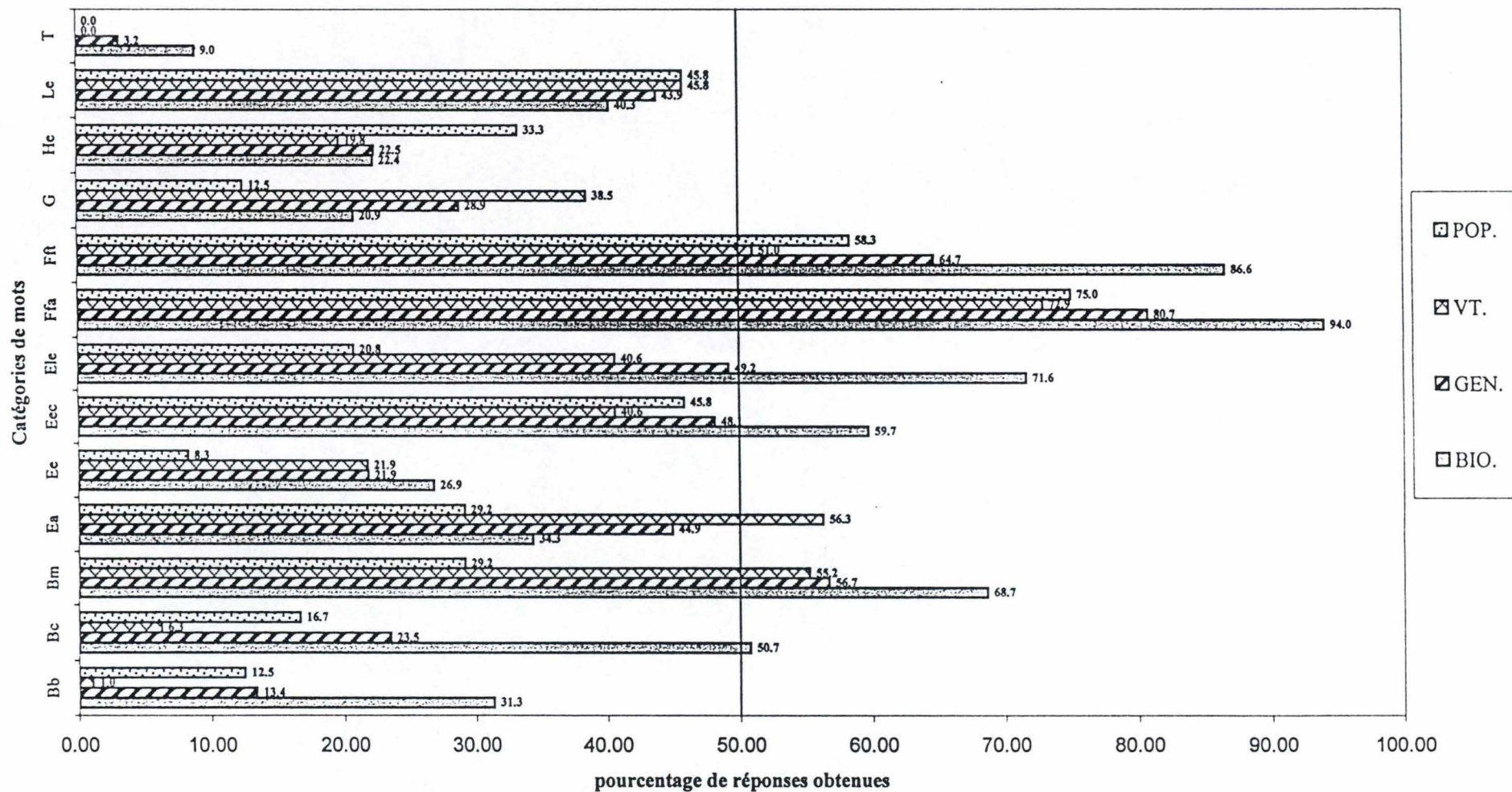
Pour cela on compare (dans la colonne "b-a") les pourcentages obtenus par la partie de non-universitaires ("b. POPnu") ayant donné une réponse avec ceux de la "POP" ("a. POP") en ayant aussi donné une. Ensuite on compare (dans la colonne "c-a") les pourcentages obtenus par la partie universitaires ("c. POPu") ayant donné une réponse avec ceux de la "POP" en ayant aussi donné une.

Ainsi, on peut dire que si la "POPnu" a, pour "Le", une valeur de -10.54, cela signifie que l'influence de la pop universitaire induit probablement une surestimation de la valeur de "Le" dans la "POP".

Ec. Lac.	Bm	Ee	Ele	T	Eec	Bb	Bc	Ffa	Fft	G	Ea	He	Le
BIO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	4
VT	3	3	3	3	4	4	4	4	4	1	1	4	1
POP	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	1	1
GEN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3

**Tableau 9 :** Ce tableau montre la gradation des pourcentages obtenus, du plus élevé (1) au plus bas (4), par les différents groupes pour chaque catégorie d'éléments que l'on trouve dans la représentation de l'écosystème lacustre. Ainsi, on peut voir que les "BIO" sont les plus nombreux à citer "Bm" dans leur représentation de l'écosystème lacustre.

## Représentation de l'écosystème lacustre selon la première forme de codage



**Graphique 1:** Graphique présentant, pour chaque catégorie d'éléments que l'on trouve dans la représentation de l'écosystème lacustre, les pourcentages obtenus par la partie des répondants de chaque groupe ayant donné une représentation de l'écosystème lacustre.

Signification des variables :

"Bb" = caractérisation biologique du biotope; "Bc" = caractérisation chimique du biotope; "Bm" = caractérisation physique du biotope; "Ea" = interactions entre l'écosystème et l'atmosphère; "Ee" = interactions entre la biocénose et la biocénose; "Eec" = interactions entre la biocénose et le biotope; "Ele" = interactions entre l'énergie lumineuse et l'écosystème; "Ffa" = biocénose aquatique; "Fft" = biocénose terrestre; "G" = interactions globales; "He" = interactions entre les activités humaines et l'écosystème; "Le" = interactions entre le lac et l'environnement terrestre; "T" = temps dans l'écosystème lacustre.

La "POP" cite 2 catégories qui sont, dans l'ordre décroissant de fréquence: *La faune et la flore aquatique* ("Ffa" = 75.00%), *la faune et la flore terrestre* ("Fft" = 58.33%).

- certaines catégories, ne sont reprises qu'avec un faible pourcentage. On trouve notamment la notion de *temps* ("T" = 0% pour les "VT" et la "POP" et 8.96% pour les "BIO"), *la caractérisation biologique du biotope* ("Bb" = 1.04% pour les "VT" et 12.5% pour la "POP"), *la caractérisation chimique du biotope* ("Bc" 6.25% pour les "VT" et 16.67%<sup>1</sup> pour la "POP") et enfin il y a, dans la "POP", les *interactions entre êtres vivants* ("Ee" = 8.33%) et les *interactions globales* ("G" = 12.5%<sup>2</sup>).

Il est à noter ici, que le pourcentage de personnes intégrant l'homme d'une façon ou d'une autre dans leur représentation, est assez peu élevé (22.46% en moyenne). De plus, lorsqu'on a traité les données brutes, on a pu remarquer que le rôle de l'homme n'est jamais perçu de manière positive.<sup>3</sup>

- la partie universitaire de la "POP" exerce une influence réduite sur les résultats globaux de ce groupe. A peine peut-on dire qu'elle génère une surestimation des *interactions lac/environnement terrestre* (pourcentage de 25.6% plus élevée que celui de la population totale) *biocénose/biotope* (pourcentage de 11.31% plus élevée que celui de la population totale) d'une part et une exagération du taux de réponse pour la *caractérisation chimique du biotope* (pourcentage de 11.9% plus élevée que celui de la population totale) d'autre part. Elle induit aussi une sous-estimation de la *caractérisation physique du biotope* (pourcentage de 14.88% plus faible que celui de la population totale) premièrement, des *interactions globales* (pourcentage de 12.5% plus faible que celui de la population totale) deuxièmement, et de la *caractérisation biologique du biotope* (pourcentage de 12.5% plus faible que celui de la population totale) troisièmement.
- les "BIO" ont presque toujours le pourcentage le plus élevé, quelle que soit la catégorie d'éléments décrivant l'écosystème lacustre citée (1<sup>ers</sup> pour 9 catégories sur 13).

### 3.2.2.2. Synthèse :

Lorsqu'on voit le faible taux de réponses données par les "VT" (par rapport aux "BIO" et à la "POP") et parmi eux le nombre élevé de personnes qui ne justifient pas l'absence de réponse,

---

<sup>1</sup> Pourcentage surestimé, comme cela est expliqué au point suivant

<sup>2</sup> Pourcentage sous-estimé, comme cela est expliqué au point suivant

<sup>3</sup> Des exemples sont donnés dans l'annexe 6.

on peut supposer que les représentations des "VT" sont sous évaluées. Il s'agit certainement d'un biais induit par le mode d'interrogation<sup>1</sup>.

Ce biais exclu, on peut estimer que, de façon générale, une large majorité des répondants possèdent une représentation de l'écosystème lacustre. De plus celle-ci, qu'elle que soit sa richesse, contient très peu d'éléments incorrects. Le retour aux données brutes nous permet de dire que les quelques erreurs sont d'ordre sémantique (erreur de catégorie : dessin d'un écosystème marin ou d'un fleuve et problème d'homographie : dessin d'une cité lacustre).

Comme on le voit dans nos résultats, il est manifeste que les "BIO" ont une représentation plus riche que les deux autres groupes. Nous attribuons cela au cours sur les écosystèmes lacustres qu'ils ont suivi. En effet, en revenant à nos données brutes, on a remarqué que les champs lexicaux employés font souvent appel à des notions relativement spécialisées (stratification thermique, indice biotique, pH, concentration en gaz, zone oxique et anoxique, conductivité, etc.).

Bien que le nombre d'éléments cités par les "VT" soit approximativement le même que celui de la "POP", cette dernière contrairement aux "VT", fait peu référence à la caractérisation physique du biotope et aux interactions entre l'écosystème et l'atmosphère. Cela est probablement dû au fait que les "VT", qui sortent pour la plupart d'un enseignement secondaire scientifique, ont eu un cours leur expliquant le cycle de l'eau. En effet, en remontant aux données brutes, on s'est rendu compte que la caractérisation physique du biotope correspondait, chez les "VT", à un dessin du lac (comme chez les "BIO" et la "POP") et de son bassin versant (ce qui est beaucoup plus rare chez les "BIO" et la "POP") souvent associé à une représentation du cycle de l'eau. La connaissance du cycle de l'eau semble donc favoriser la prise en compte du bassin versant dans le fonctionnement de l'écosystème<sup>2</sup>. Par contre, le fait de donner une information importante sur les caractéristiques topographiques et fonctionnelles propres au lac, peut "masquer" les fonctions du bassin versant. Peut-être est-ce cela qui explique la rareté de la référence au bassin versant (si ce n'est par la présence de berges plus ou moins étendues) chez les "BIO", qui dessinent la cuvette lacustre.

---

<sup>1</sup> Contrairement aux "BIO" et à la "POP", il n'y a pas eu de contrôle des personnes en cours d'interrogation. Les conseils de remplissage et les mises en garde étaient données en début d'après-midi, avant une séance de travaux pratiques, et le questionnaire était rempli en fin d'après midi, une fois le T.P. terminé.

Pour permettre une comparaison des représentations, nous avons, dans la suite de la description des résultats, toujours fait référence aux divers taux qu'on retrouve parmi les personnes qui nous ont donné une représentation de l'écosystème lacustre. Ainsi nous avons, comme on peut le voir dans nos tableaux de résultats, rapporté nos données à 100%. Ainsi, les 68.6% de "VT", 80% de la "POP" et les 98.5% des "BIO" qui nous ont donné une représentation de l'écosystème lacustre sont mis sur un pied d'égalité en ignorant les personnes qui n'ont pas répondu.

<sup>2</sup> Quelques exemples de dessins associants cycle de l'eau et bassin versant sont donnés dans l'annexe 7.

	<u>Gen</u>	<u>VT</u>	<u>BIO</u>	<u>POP</u>
% de réponses pour l'écosystème lacustre :	78.6	68.6	98.5	80.0
% de réponses pour l'écosystème :	90.3	89.3	94.1	86.7

**Tableau 2 :** On présente ici les pourcentages des différentes catégories de répondants (généralistes ("GEN"), vétérinaires ("VT"), biologistes ("BIO") et population ("POP")) qui ont répondu aux questions concernant l'écosystème lacustre et la définition de l'écosystème.

<u>Ecosystème :</u>	<u>Gen (%)</u>	<u>VT (%)</u>	<u>BIO (%)</u>	<u>POP (%)</u>
Ne répond pas car :				
- jamais vu	13.0	13.3	0.0	25.0
- non précisé	87.0	86.7	100.0	75.0

**Tableau 10 :** On fait apparaître ici les causes d'absence de réponse pour la définition de l'écosystème. Les pourcentages sont calculés en ne tenant compte que du nombre de répondants qui ont donné une réponse.

<u>déf. écosystème :</u>	<u>Gen (%)</u>	<u>VT (%)</u>	<u>BIO (%)</u>	<u>POP (%)</u>
- est correcte	10.7	8.1	17.2	7.7
- est correcte mais incomplète	50.5	52.4	57.8	23.1
- contient des éléments corrects et incorrects	23.4	24.2	20.3	26.9
- est incorrecte	15.4	15.3	4.7	42.3

**Tableau 11 :** On fait apparaître ici la qualité des réponses que l'on a obtenues pour la définition de l'écosystème, lorsqu'on la compare à la définition théorique suivante : "écosystème = biocénose ⊗ biotope". Les pourcentages sont calculés en ne tenant compte que du nombre de répondants qui ont donné une réponse.

Le temps, qui est pourtant un élément important à prendre en considération comme on l'a montré dans le cadre théorique, n'est pas du tout présent dans la "POP" et chez les "VT". Seule une faible proportion de "BIO" en font une représentation<sup>1</sup>.

Il est intéressant de voir, dans une perspective de gestion durable des écosystèmes lacustres, la place réduite, et souvent négative, qui est laissée à l'homme dans les représentations que nous avons analysées.

### 3.2.3. Définitions de l'écosystème :

#### 3.2.3.1. Description des résultats :

- Les tableaux 2, 10 et 11 font apparaître que:
  - le taux de réponse est en général plus élevé pour la définition de l'écosystème (90,3% en moyenne) que pour celle de l'écosystème lacustre (78,6% en moyenne) et relativement stable d'un groupe à l'autre.
  - les répondants qui ne donnent pas de définition ne précisent en général pas pourquoi, (87% en moyenne).
  - la proportion de définitions<sup>2</sup> équivalentes à celle que l'on trouve le plus généralement dans la théorie est très faible (10,7% en moyenne). La définition est souvent incomplète (50,5% en moyenne). Il y a parfois un mélange de notions correctes et incorrectes<sup>3</sup> (23,4% en moyenne). Enfin il n'y a, pour 15,4% des personnes, que des éléments incorrects<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Représentation qui se limite à son aspect cyclique, comme on peut le voir dans les exemples donnés à l'annexe 8.

<sup>2</sup> Des exemples de définitions sont donnés dans l'annexe 10.

<sup>3</sup> Parmi les erreurs que l'on trouve associées à des éléments corrects, nous pouvons citer : système en osmose avec la nature; symbiose entre la faune et la flore; milieu en autarcie; milieu de vie autonome; système fermé où il y a la vie; ensemble de biomes; corrélation entre biotope et biosphère; ensemble du biotope dans lequel vivent les êtres vivants avec le milieu abiotique; plantes et les organismes vivants; animaux et la faune; êtres organiques et inorganiques; êtres vivants et végétaux; nature et animaux; nature, animaux et êtres vivants; faune et flore vivent en harmonie; entente de la faune et de la flore; chaîne qui tourne indéfiniment sans interactions extérieures; système regroupant l'ensemble des êtres vivants; ensemble des éléments qui nous entourent sur terre, c'est la vie; ensemble des êtres vivants qui assurent le cycle de la vie; tout l'espace où il y a de la vie; l'écosystème est un cycle; l'écosystème est un ensemble de facteurs abiotiques et biotiques; ensemble des caractéristiques d'un endroit où un organisme vit; l'écosystème est un renouvellement de matière; l'écosystème est une pyramide; l'écosystème est une chaîne; chaîne écologique; équilibre stationnaire; etc.

<sup>4</sup> C'est notamment le cas lorsqu'il y a une confusion entre la définition de l'écosystème et celle de l'écologie (scientifique, et/ou politique et/ou idéologique) ou de la biologie. Ainsi on trouve des définitions telles que : "quelqu'un qui aime la nature et sa protection", "lieu où l'on étudie tout ce qui est vivant", "trier les déchets ménagés, recycler le carton...", "respect de la nature", "système où les priorités environnementales constituent les éléments essentiels d'une gestion qui permet de garder une planète saine loin de toute pollution, quelle qu'elle soit" etc.

	%	Esp	Fac	Grp	Rel	Spf	Sta	Str	Tps	Viv
GEN	90.3	64.29	11.76	50.00	63.03	28.57	13.87	4.62	3.78	71.01
	100	71.16	13.02	55.35	69.77	31.63	15.35	5.12	4.19	78.60
VT	89.3	62.14	5.00	51.43	62.86	29.29	17.86	4.29	2.86	74.29
	100	69.60	5.60	57.60	70.40	32.80	20.00	4.80	3.20	83.20
BIO	94.1	85.29	29.41	48.53	70.59	25.00	2.94	4.41	5.88	79.41
	100	90.63	31.25	51.56	75.00	26.56	3.13	4.69	6.25	84.38
POP	86.7	26.67	3.33	46.67	46.67	33.33	20.00	6.67	3.33	36.67
	100	30.77	3.85	53.85	53.85	38.46	23.08	7.69	3.85	42.31

**Tableau 12 :** Tableau reprenant, pour chaque catégorie d'idées (ex. notion d'espace "Esp", notion de relation "Rel", etc.) que l'on trouve dans la définition de l'écosystème, le pourcentage obtenu par les différents groupes.

La valeur supérieure correspond au pourcentage calculé pour l'ensemble des répondants et l'inférieure à celui qui est calculé sur la partie des répondants qui ont donné une réponse.

Signification des variables :

"Esp" = espace; "Fac" = facteurs abiotiques (et/ou) biotiques; "Grp" = groupement; "Rel" = relations; "Spf" = spécificité; "Sta" = stabilité; "Str" = Structure; "Tps" = Temps; "Viv" = vivant.

<u>Classement des catégories d'idées que l'on trouve dans la définition de l'écosystème selon les pourcentages qu'elles ont obtenues</u>							
	GEN		VT		BIO		POP
Viv	78.60	Viv	83.20	Esp	90.63	Grp	53.85
Esp	71.16	Rel	70.40	Viv	84.38	Rel	53.85
Rel	69.77	Esp	69.60	Rel	75.00	Viv	42.31
Grp	55.35	Grp	57.60	Grp	51.56	Spf	38.46
Spf	31.63	Spf	32.80	Fac	31.25	Esp	30.77
Sta	15.35	Sta	20.00	Spf	26.56	Sta	23.08
Fac	13.02	Fac	5.60	Tps	6.25	Str	7.69
Str	5.12	Str	4.80	Str	4.69	Fac	3.85
Tps	4.19	Tps	3.20	Sta	3.13	Tps	3.85

**Tableau 13 :** Ce tableau est une réorganisation du tableau 12. Il prend en considération les pourcentages calculés uniquement sur la partie des répondants qui ont donné une réponse.

Il permet de voir, pour chaque catégorie d'idées que l'on trouve dans la définition de l'écosystème, quelles sont celles qui sont les plus citées. Les variables grisées sont celles qui sont citées par plus de 50% des personnes ayant donné une réponse.

Il est à noter ici qu'une partie des erreurs<sup>1</sup> sont probablement induites par les questions qui étaient posées précédemment.

- qu'une grande majorité de la "POP", a une définition de l'écosystème qui est confuse ou incorrecte (69.2% (= 26.9+42.3)), par rapport à celle que l'on trouve le plus généralement dans la théorie, ce qui est moins le cas chez les étudiants (39.5% des "VT" et 25% des "BIO").
- Les tableaux 12, 13, 14, 15, 16 et le graphique 2 font apparaître que :
  - les étudiants "VT" et "BIO" font majoritairement appel à des notions similaires dans leur définition (*vivant* (83.2% des "VT" et 84.38% des "BIO"), *relation* (70.4% des "VT" et 75% des "BIO"), *espace* (69.6% des "VT" et 90.63% des "BIO"), *groupement* (57.6% des "VT" et 51.56% des "BIO")).
  - la "POP" fait surtout appel aux idées de *relation* (53.85%) et de *groupement* (53.85%) mais la valeur de cette dernière est probablement surestimée puisqu'un nombre important (71.43%) d'universitaires, qui sont trop nombreux dans notre échantillon, citent cette notion.
  - un faible taux de répondants des 3 groupes étudiés intègre la notion du *temps*<sup>2</sup> dans sa définition de l'écosystème. Il est à noter que seuls les universitaires de la "POP" y font référence (14.29% d'entre eux).

---

<sup>1</sup> On peut être relativement sûr qu'il y a eu une influence des questions précédentes quand le répondant se focalise sur des éléments en rapport avec l'eau. C'est le cas pour 6.5% des erreurs recensées. Ainsi, on trouve parmi les définitions des éléments comme : cycle de l'eau, relation entre l'homme et la vie aquatique, filtrage naturel de l'eau, vie d'un lac, sans eau la vie est impossible, etc. Il est possible que le pourcentage d'erreurs dépendant des questions précédentes et notamment de la représentation de l'écosystème lacustre soit plus important, mais il est difficile voire impossible d'en avoir la certitude à partir d'un simple questionnaire.

<sup>2</sup> Le retour à nos résultats bruts nous permet de dire que le temps sert, le plus généralement, à donner une définition spatio-temporelle de l'écosystème (ex : "... espèces vivant dans le même espace pendant la même période", "...vivant à un certain temps en un lieu donné", "...vivant ensemble à un moment donné dans un endroit donné...", etc.).

	%	Esp	Fac	Grp	Rel	Spf	Sta	Str	Tps	Viv
POP	86.7	26.67	3.33	46.67	46.67	33.33	20.00	6.67	3.33	36.67
	100	30.77	3.85	53.85	53.85	38.46	23.08	7.69	3.85	42.31
POP non universitaire (POPnu)	86.4	22.73	0.00	40.91	45.45	36.36	18.18	9.09	0.00	36.36
	100	26.32	0.00	47.37	52.63	42.11	21.05	10.53	0.00	42.11
POP universitaire ou assimilée (POPu)	87.5	37.50	12.50	62.50	50.00	25.00	25.00	0.00	12.50	37.50
	100	42.86	14.29	71.43	57.14	28.57	28.57	0.00	14.29	42.86

**Tableau 14 :** Dans ce tableau on a fait la distinction, dans la "POP", entre la partie universitaire ("POPu") et non universitaire ("POPnu"). Ensuite on a calculé pour "POP" et ses 2 sous groupes ("POPu" et "POPnu"), les pourcentages obtenus pour chaque catégorie d'idées (ex. notion d'espace "Esp", notion de relation "Rel", etc.) que l'on trouve dans la définition de l'écosystème. La valeur supérieure correspond au pourcentage calculé pour l'ensemble des répondants et l'inférieure à celui qui est calculé sur la partie des répondants qui ont donné une réponse.

Signification des variables :

"Esp" = espace; "Fac" = facteurs abiotiques (et/ou) biotiques; "Grp" = groupement; "Rel" = relations; "Spf" = spécificité; "Sta" = stabilité; "Str" = Structure; "Tps" = Temps; "Viv" = vivant.

Classement des catégories d'idées que l'on trouve dans la définition de l'écosystème selon les pourcentages qu'elles ont obtenues							
	a. POP	b. POPnu	(b-a)	c. POPu	(c-a)		
Grp	53.85	Rel 52.63	-1.21	Grp 71.43	17.58		
Rel	53.85	Grp 47.37	-6.48	Rel 57.14	3.30		
Viv	42.31	Spf 42.11	3.64	Esp 42.86	12.09		
Spf	38.46	Viv 42.11	-0.20	Viv 42.86	0.55		
Esp	30.77	Esp 26.32	-4.45	Spf 28.57	-9.89		
Sta	23.08	Sta 21.05	-2.02	Sta 28.57	5.49		
Str	7.69	Str 10.53	2.83	Fac 14.29	10.44		
Fac	3.85	Fac 0.00	-3.85	Tps 14.29	10.44		
Tps	3.85	Tps 0.00	-3.85	Str 0.00	-7.69		

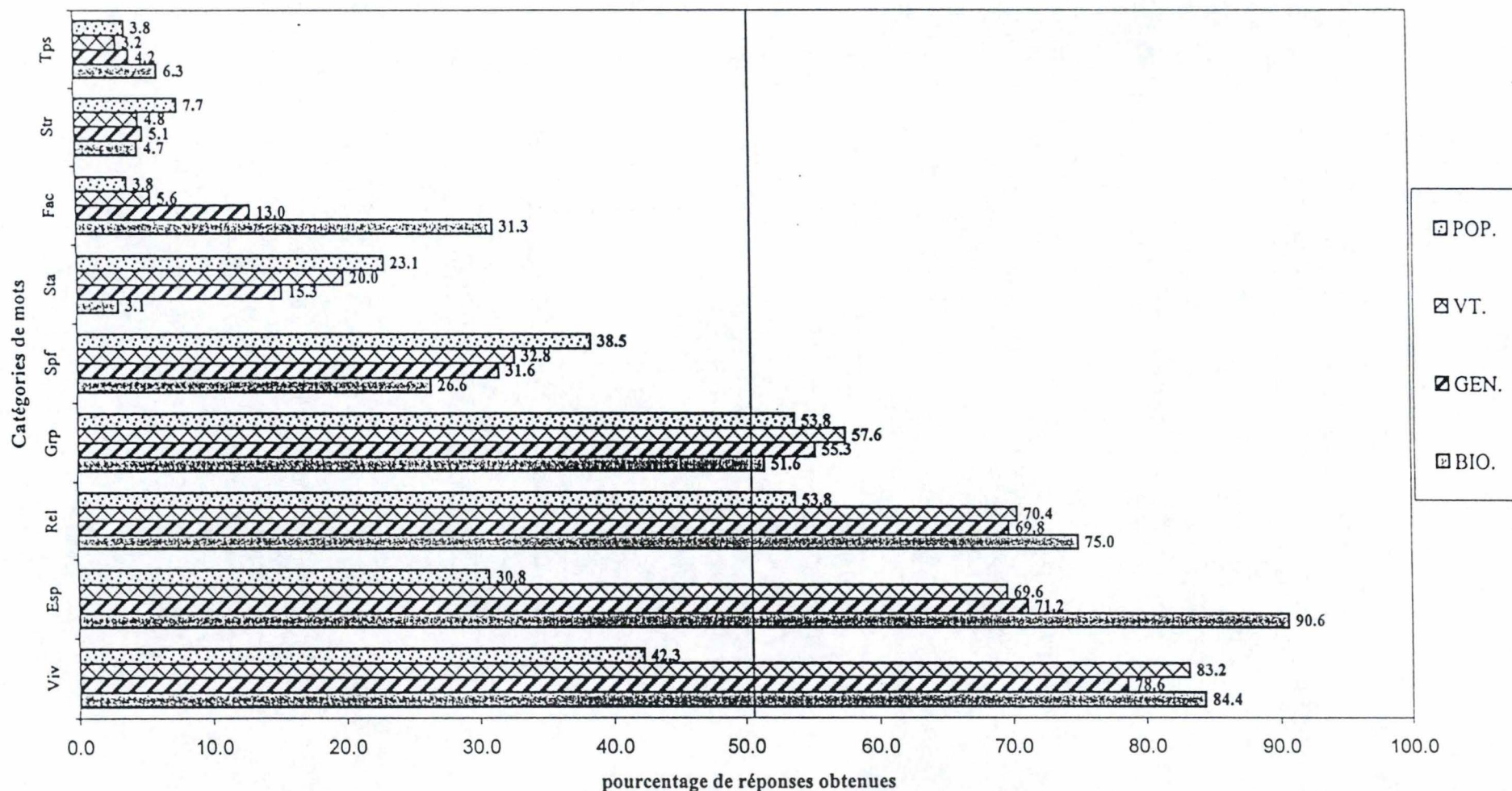
**Tableau 15 :** Ce tableau permet de voir quelles sont les catégories d'idées que l'on trouve dans la définition de l'écosystème qui sont probablement sur- ou sous- estimées à cause de la présence trop importante d'universitaires dans la "POP".

Pour cela on compare (dans la colonne "b-a") les pourcentages obtenus par la partie de non-universitaires ("b. POPnu") ayant donné une réponse avec ceux de la "POP" ("a. POP") en ayant aussi donné une. Ensuite on compare (dans la colonne "c-a") les pourcentages obtenus par la partie universitaires ("c. POPu") ayant donné une réponse avec ceux de la "POP" en ayant aussi donné une.

Ecosys.	Rel	Viv	Esp	Fac	Tps	Grp	Spf	Sta	Str
BIO	1	1	1	1	1	4	4	4	4
VT	2	2	3	3	4	1	2	2	3
POP	4	4	4	4	3	3	1	1	1
GEN	3	3	2	2	2	2	3	3	2

**Tableau 16 :** Ce tableau montre la gradation des pourcentages obtenus, du plus élevé (1) au plus bas (4), par les différents groupes pour chaque catégorie d'idées que l'on trouve dans la définition de l'écosystème.

## Représentation de l'écosystème



**Graphique 2:** Graphique présentant, pour chaque catégorie d'idées (ex. notion d'espace "Esp", notion de relation "Rel", etc.) que l'on trouve dans la définition de l'écosystème, les pourcentages obtenus par la partie des répondants de chaque groupe ayant donné une définition de l'écosystème.

**Signification des variables :**

"Esp" = espace; "Fac" = facteurs abiotiques (et/ou) biotiques; "Grp" = groupement; "Rel" = relations; "Spf" = spécificité; "Sta" = stabilité; "Str" = Structure; "Tps" = Temps; "Viv" = vivant.

- les "BIO" ont souvent le pourcentage le plus élevé, quelle que soit la catégorie d'éléments de la définition de l'écosystème citée (1ers pour 5 catégories sur 9).

### 3.2.3.2. Synthèse :

Il est manifeste que la définition du concept d'écosystème ne connaît pas la pénétration qu'on serait en mesure d'espérer<sup>1</sup>, étant donné qu'il s'agit d'un "concept clé en écologie" (21, p. 186).

De plus, contrairement à la représentation de l'écosystème lacustre, les erreurs que l'on peut retrouver dans la définition de l'écosystème sont nombreuses et de plusieurs types :

- l'évolution conceptuelle de certaines notions peut être imperceptible. Par exemple, lorsqu'une personne fait la distinction entre la flore et les organismes vivants, tout ce passe comme s'il n'y avait pas eu de remodelage, au cours du temps, du concept de vivant. Ce genre de problème peut être un obstacle à la compréhension de ce qu'est un écosystème. Doit-on interpréter cela comme un manquement de l'enseignement à faire évoluer certaines conceptions qui restent alors à un stade "primaire"?
- une définition erronée contenant par exemple des notions d'équilibre stationnaire, de milieu fermé ou de milieu autonome, peut être la conséquence d'une représentation sous-jacente inexacte. Ainsi, les exemples qui viennent d'être cités sont peut-être induits par une représentation de l'écosystème qui serait un milieu statique, sans échange avec l'extérieur.
- plusieurs phénomènes ou éléments qui permettent de caractériser un écosystème peuvent avoir un poids suffisant pour que la définition de l'écosystème y soit circonscrite (cf. *écosystème = cycle*, *écosystème = facteurs abiotiques et biotiques*, *écosystème = pyramide*, etc.).
- les limites d'une notion peuvent avoir été mal perçues et donc fixées de manière impropre. C'est probablement ce qui se passe lorsqu'un répondant nous donne une définition de la biologie ou de l'écologie en place et lieu de celle de l'écosystème, par exemple.

---

<sup>1</sup> Notamment chez les "BIO" et "VT" qui, bien qu'ils aient vu cette notion en secondaire et l'ai revue en première candidature, sont très peu nombreux à donner une définition correcte et complète. De plus, même si le pourcentage de "VT" et "BIO" qui incluent des éléments erronés dans leur définition est plus faible que celui de la "POP", il reste encore beaucoup trop élevé dans ces deux groupes, sélectionnés notamment pour leurs connaissances scientifiques et plus précisément biologiques.

- l'utilisation d'un vocabulaire scientifique probablement non maîtrisé par les répondants (cf. *symbiose, osmose, biome, biosphère, biotope, abiotique*, etc.), est une source de confusion aussi bien chez le répondant que chez son interlocuteur. En effet d'un côté, l'utilisation d'un vocabulaire scientifique pour expliquer au répondant les caractéristiques d'un écosystème peut amener celui-ci à avoir une vision floue de sa définition s'il ne maîtrise pas le vocabulaire associé à l'explication qu'on lui a fournie. D'un autre côté, le répondant à qui on a expliqué que le dialogue scientifique nécessite l'utilisation d'un vocabulaire du même type, va s'efforcer d'y avoir recours et parfois de façon abusive. Cela peut poser un problème de dialogue entre lui et son interlocuteur s'ils ont une conception différente d'une notion. Ainsi, si l'on prend en considération les définitions les plus courantes des termes scientifiques employés, on peut dire que certaines définitions ne sont pas valables. Néanmoins, il est possible qu'un terme employé par le répondant ait une signification différente que celle qui est admise. De cette façon, une définition de l'écosystème qui n'est pas valide parce qu'elle contient des termes impropres, peut tout de même contenir des idées qui sont acceptables. Par exemple, quand une personne indique une "*osmose*" ou une "*symbiose*" entre les êtres vivants, peut-être veut-elle simplement exprimer le fait que les organismes vivants connaissent des relations qui ne mettent pas en péril l'équilibre relatif existant au sein de l'écosystème, à un moment donné.
- le manque de vocabulaire scientifique peut aussi être une source de complication. Ainsi on trouve des phrases du type "*faune et flore vivent en harmonie*", "*entente de la faune et de la flore*", qui ouvrent à des interprétations multiples.
- l'usage intempestif d'un vocabulaire scientifique (par la télévision, la publicité, les journaux, les personnes médiatiques, etc.) peut être une source de confusion, d'autant plus s'il n'est pas intégré par le citoyen. Ainsi on retrouve par exemple des expressions comme "*écosystème planétaire*", qui peut induire une définition du type "*ensemble des éléments qui nous entourent sur terre*", et des qualificatifs comme "*écologique*" qui devient synonyme de sain, de naturel, de respect, etc., ce qui peut conduire à son utilisation de manière non appropriée (ainsi l'écosystème, qui est un système écologique, devient un "*système sain*" ou un "*système qui se respecte*").

Si la définition de l'écosystème n'a pas la qualité qu'on pourrait espérer, il est tout de même probable que la représentation de ce qu'est, grossièrement, un écosystème soit assez bien diffusée, du moins dans la population universitaire étudiante ayant un cours de biologie générale en première candidature. En effet si l'on se permet un léger effort d'interprétation des définitions

Nb. Ind. ayant une Dc de l'écosys.		Catégories d'éléments de l'écosystème lacustre												
		Ffa	Fft	Bc	Bm	Bb	Ea	Le	Ee	Eec	Ele	He	G	T
23	GEN (%)	65	52	35	57	13	26	39	17	39	57	17	17	4
10	VT (%)	30	20	30	40	0	20	20	20	30	30	10	10	0
11	BIO (%)	91	91	36	82	27	36	55	18	55	91	18	27	9
2	POP (%)	100	0	50	0	0	0	50	0	0	0	50	0	0

**Tableau 17:** Tableau montrant le pourcentage obtenu par les répondants ayant une définition correcte de l'écosystème ("Dc") pour chaque catégorie d'éléments que l'on trouve dans la représentation de l'écosystème lacustre.

Signification des variables:

"Bb" = caractérisation biologique du biotope; "Bc" = caractérisation chimique du biotope; "Bm" = caractérisation physique du biotope; "Ea" = interactions entre l'écosystème et l'atmosphère; "Ee" = interactions entre la biocénose et la biocénose; "Eec" = interactions entre la biocénose et le biotope; "Ele" = interactions entre l'énergie lumineuse et l'écosystème; "Ffa" = biocénose aquatique; "Fft" = biocénose terrestre; "G" = interactions globales; "He" = interactions entre les activités humaines et l'écosystème; "Le" = interactions entre le lac et l'environnement terrestre; "T" = temps dans l'écosystème lacustre.

Dc	Ner	Nei
GEN (nb)	6.43	0.00
VT (nb)	4.50	0.00
BIO (nb)	8.64	0.00
POP (nb)	4.00	0.00

**Tableau 17':** Tableau montrant le nombre moyen d'éléments recensés ("Ner"), dans la représentation de l'écosystème lacustre des répondants des différents groupes ayant une définition correcte de l'écosystème ("Dc"), et parmi ces éléments, ceux qui sont incorrects pour ce type particulier de système ("Nei").

Nb. Ind. ayant une Di2 de l'écosys.		Catégories d'éléments de l'écosystème lacustre												
		Ffa	Fft	Bc	Bm	Bb	Ea	Le	Ee	Eec	Ele	He	G	T
33	GEN (%)	48	36	9	39	6	55	48	15	18	36	21	30	3
19	VT (%)	42	32	0	47	5	68	47	11	16	42	21	42	0
3	BIO (%)	100	67	67	33	0	67	100	100	33	100	0	33	33
11	POP (%)	45	36	9	27	9	27	36	0	18	9	27	9	0

**Tableau 18:** Tableau montrant le pourcentage obtenu par les répondants des différents groupes qui ont une définition de l'écosystème incorrecte ("Di2") pour chaque catégorie d'éléments que l'on trouve dans la représentation de l'écosystème lacustre.

Di2	Ner	Nei
GEN (nb)	5.61	0.06
VT (nb)	5.37	0.00
BIO (nb)	10.33	0.00
POP (nb)	4.73	0.18

**Tableau 18':** Tableau montrant le nombre moyen d'éléments recensés ("Ner"), dans la représentation de l'écosystème lacustre des répondants des différents groupes qui ont une définition de l'écosystème incorrecte ("Di2"), et parmi ces éléments, ceux qui sont incorrects pour ce type particulier de système ("Nei").

Dc-Di2		Catégories d'éléments de l'écosystème lacustre												
		Ffa	Fft	Bc	Bm	Bb	Ea	Le	Ee	Eec	Ele	He	G	T
GEN (%)	17	16	26	17	7	28	29	2	21	20	13	13	1	
VT (%)	12	12	30	27	5	48	27	9	14	12	11	32	0	
BIO (%)	9	24	30	48	27	30	45	82	21	9	18	26	24	
POP (%)	55	36	41	27	9	27	14	0	18	9	23	9	0	

**Tableau 19:** Tableau permettant de voir la différence de représentation de l'écosystème lacustre entre les personnes qui ont une définition correcte ("Dc") de l'écosystème et celles qui en ont une qui est incorrecte ("Di2"). Les valeurs en grisé correspondent aux cas où le taux d'occurrence pour une catégorie est plus faible pour les personnes qui ont une définition correcte de l'écosystème que pour celles qui ont une définition incorrecte.

Dc-Di2	Ner	Nei
GEN (nb)	0.83	0.06
VT (nb)	0.87	0.00
BIO (nb)	1.70	0.00
POP (nb)	0.73	0.18

**Tableau 19':** Tableau permettant de voir la différence de richesse (grâce à "Ner") et d'exactitude (grâce à Nei) de la représentation de l'écosystème lacustre entre les personnes qui ont une définition correcte ("Dc") de l'écosystème et celles qui en ont une qui est incorrecte ("Di2"). Les valeurs en grisé correspondent aux cas où le nombre d'éléments cités est plus faible pour les personnes qui ont une définition correcte de l'écosystème que pour celles qui ont une définition incorrecte.

de l'écosystème données par les répondants<sup>1</sup> avec un maximum de précautions<sup>2</sup> on voit que les idées de vivant ( $\approx$  biocénose), d'espace ( $\approx$  biotope) et de relation ( $\approx \otimes$ ), sont très majoritairement présentes chez les "VT" et les "BIO"<sup>3</sup>, or ces dernières sont à la base même de la définition de l'écosystème qui est couramment admise dans la communauté scientifique.

Il est à remarquer que la notion de temps est présentée de façon spontanée par un certain nombre de répondants pour caractériser l'écosystème ( $\approx$  la biocénose vit dans un endroit donné à un moment donné). Le fait de mettre sur un pied d'égalité les notions de biocénose, biotope et de temps dans la définition de l'écosystème implique la possibilité de transformation du système, ce qui n'est pas sans conséquences. En effet, si un écosystème peut se transformer cela signifie aussi que son fonctionnement peut être suffisamment modifié pour qu'il disparaisse ou se rétablisse. Nous envisagerons donc certainement, dans la suite de notre travail, la possibilité d'intégrer la notion de temps en tant que telle dans la définition de l'écosystème, car elle nous semble être d'une portée non négligeable dans le cadre de notre mémoire.

### **3.2.4. Recherche de liens entre les définitions de l'écosystème et les représentations de l'écosystème lacustre :**

#### **3.2.4.1. Description des résultats :**

- Tableaux 17, 17', 18, 18', 19, 19' :

Nous avons voulu estimer la relation entre la définition de l'écosystème et sa représentation dans un contexte particulier (écosystème lacustre). Pour ce faire nous avons schématiquement procédé comme suit :

---

<sup>1</sup> Par exemple lorsqu'une personne nous écrit, pour définir l'écosystème, "c'est une pyramide" on peut supposer qu'elle fait référence au schéma de la pyramide trophique. Dans ce cas, même si cette définition n'est pas correcte on peut tout de même poser l'hypothèse que la personne intègre dans sa représentation de l'écosystème les notions de Vivant et de Relation. C'est en raisonnant de cette façon que nous avons réalisé le codage de la définition de l'écosystème.

<sup>2</sup> Voir la note 2 de la page 84 (méthodologie) concernant le triple codage.

<sup>3</sup> Ici on ne voit pas, contrairement à la représentation de l'écosystème lacustre, de grandes différences entre les "BIO" et les "VT". Cela semble normal puisque ces deux groupes ont normalement le même "bagage" pour cette notion.

Définition <u>correcte</u> , par comparaison à celle que l'on trouve dans la littérature scientifique, de l'écosystème	<b>Implique</b>	<u>Représentation de type ①</u> de l'écosystème lacustre.
Définition <u>incorrecte</u> , par comparaison à celle que l'on trouve dans la littérature scientifique, de l'écosystème	<b>Implique</b>	<u>Représentation de type ②</u> de l'écosystème lacustre.
<u>① ≈ ②</u>	<b>Implique</b>	<u>Relation peu probable</u> entre la définition de la notion d'écosystème et sa représentation dans un contexte particulier (écosystème de type lacustre)
<u>① ≠ ②</u>	<b>Implique</b>	<u>Relation probable</u> entre la définition de la notion d'écosystème et sa représentation dans un contexte particulier (écosystème de type lacustre)

Les *tableaux 17 et 18* montrent, entre autre, que le nombre d'individus impliqués est parfois très réduit (2 pour Dc<sup>1</sup> dans la "POP", 3 pour Di2<sup>2</sup> chez les "BIO"). Il ne s'agira donc que de se faire une première idée de l'influence possible de la définition de l'écosystème sur celle de l'écosystème lacustre. Ainsi, si l'on s'aperçoit qu'il y a une franche différence des représentations de l'écosystème lacustre selon que le répondant ait une définition correcte ou incorrecte de l'écosystème lacustre, alors on pourra poser l'hypothèse que la connaissance de la définition de l'écosystème peut venir en aide à une personne qui doit en représenter un type particulier (ici un écosystème lacustre). Or, dans les *tableaux 19 et 19'* on remarque qu'on ne peut pas faire de nette distinction entre les représentations de type ① et ② de l'écosystème lacustre. Cela peut tout de même être nuancé puisque, de manière générale, les personnes qui ont donné une définition valide de l'écosystème ont une représentation légèrement plus riche que celle des répondants qui ont une définition incorrecte. En effet pour "GEN", les taux de réponses, pour les différentes catégories d'éléments permettant de représenter l'écosystème lacustre, sont plus élevés dans 9 cas sur 13 lorsque la définition de l'écosystème lacustre est valide et il n'y a alors aucun élément impropre dans les représentations ("Nei" = 0).<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dc = définition correcte par rapport à celle de la théorie (voir page 89 de la méthodologie), Di2 = définition incorrecte.

<sup>2</sup> Nous avons aussi pensé à réaliser l'analyse dans le sens inverse. En effet, si une définition correcte de l'écosystème n'implique pas forcément une représentation riche d'un type particulier d'écosystème, on peut se demander si une représentation riche d'un écosystème (lacustre par exemple) n'implique pas une définition correcte de l'écosystème

*127. Suite de la note à la page suivante.*

Rapport éco/écolac	viv/ffa,fft	esp/bm*	rel/ea,le,ee,eec,ele,he,g	tps/T
GEN(%)	71.60	43.79	76.67	0
VT(%)	59.62	33.33	67.05	0
BIO(%)	94.44	63.79	95.83	0
POP(%)	72.73	12.50	71.43	0

\* : Seule la partie topographie de "bm" est prise en compte.

**Tableau 20 :** Tableau mettant en relation les idées (ex. notion d'espace "Esp", notion de relation "Rel", etc.) que l'on trouve dans la définition de l'écosystème et les catégories d'éléments cités dans la représentation de l'écosystème lacustre.

Ainsi on voit qu'en général ("GEN"), 71.6% des personnes qui intègrent l'idée de vivant ("Viv") dans leur définition de l'écosystème indiquent aussi la présence d'une biocénose aquatique ("ffa") et/ou terrestre ("fft") dans leur représentation de l'écosystème lacustre.

Signification des variables de la définition de l'écosystème :

"Viv" = vivant; "Esp" = espace; "Rel" = relations; "Tps" = Temps.

Signification des variables de la représentation de l'écosystème lacustre :

"Ffa" = biocénose aquatique; "Fft" = biocénose terrestre; "Bm" = caractérisation physique du biotope; "Ea" = interactions entre l'écosystème et l'atmosphère; "Le" = interactions entre le lac et l'environnement terrestre; "Ee" = interactions entre la biocénose et la biocénose; "Eec" = interactions entre la biocénose et le biotope; "Ele" = interactions entre l'énergie lumineuse et l'écosystème; "He" = interactions entre les activités humaines et l'écosystème; "G" = interactions globales; "T" = temps dans l'écosystème lacustre.

• Tableau 20 :

Nous avons voulu savoir si les idées qui sont liées au concept d'écosystème, plus que les éléments de la définition stricte de celui-ci, ne sont pas présentes dans la représentation de l'écosystème lacustre.<sup>1</sup>

Les résultats sont mitigés. Si dans la majorité des cas les idées de vivant et de relation, présentes dans la définition de l'écosystème, se retrouvent aussi dans la représentation de l'écosystème lacustre (respectivement 71.6% et 76.67% en moyenne), ce n'est pas du tout le cas pour les notions d'espace et de temps (respectivement 43.79% et 0% en moyenne).

### 3.2.4.2. Synthèse :

Dans le cadre de ce travail, il n'a pas été possible de mettre en évidence de lien direct entre la définition de l'écosystème et la représentation de l'écosystème lacustre. Par contre, lorsqu'on s'intéresse aux idées mobilisées pour représenter l'écosystème lacustre et pour définir l'écosystème, on voit qu'il y a un lien plus franc, sauf pour les notions d'espace et de temps. Nous expliquons cela :

- 1) par la forme du codage pour l'espace. En effet, même si une personne qui réalise un dessin le représente forcément dans un espace, les personnes qui ont dessiné une structure qui ne permet pas d'identifier l'écosystème lacustre (lac, berges, bassin versant) sont codées 0 pour la partie topographique de la caractérisation physique du biotope<sup>2</sup>.
- 2) par la difficulté à représenter le temps dans un dessin (même s'il était possible au répondant de le notifier de façon écrite sur son schéma).

---

en général. Si c'était le cas on pourrait alors supposer que la représentation d'un exemple facilite probablement la connaissance d'une définition. On pourrait aussi dire que la représentation d'un exemple correct n'est que l'image d'une bonne compréhension d'une définition. Les résultats de cette analyse ne sont pas présentés car ils ne sont pas plus concluants que ceux que nous venons de présenter. Tout juste peut-on dire qu'il y a aussi une légère tendance en faveur des représentations riches qui impliquent, plus facilement que les pauvres, une définition correcte.

<sup>1</sup> Ainsi, si l'on prend l'exemple de la définition "symbiose des êtres vivants et de leur milieu", qui est incorrecte par rapport à la définition théorique, on peut tout de même noter que les idées de "relation", "vivant" et "espace" sont présentes. Or ces dernières sont tout à fait appropriées pour qualifier un écosystème.

<sup>2</sup> Ainsi, une personne qui dessine un schéma en coupe d'un plan d'eau qu'on ne peut identifier avec certitude comme appartenant à un lac (voir les exemples à l'annexe 9), est codé 0 pour la caractérisation topographique du biotope.

### 3.3. Seconde analyse de nos résultats :

Nous allons utiliser deux nouveaux outils statistiques<sup>1</sup> pour analyser nos données.

Dans un premier temps, à l'aide d'un "clustering", nous allons grouper les individus selon les attributs de l'écosystème lacustre qu'ils citent. Nous allons donc traiter l'ensemble des questionnaires comme un tout, sans faire de distinction entre les différentes populations de répondants ("VT", "BIO", "POP").

Cela va nous permettre :

1. de mettre en évidence les représentations "types" de l'écosystème lacustre qui existent parmi les répondants.
2. de voir quels sont les attributs qui sont déjà présents dans les représentations "types" de l'écosystème lacustre.
3. de voir à quelle représentation "type" s'attache chaque répondant. Si ceux d'une catégorie ("VT", "BIO", "POP") ont des représentations qui ne sont pas franchement distinctes, ils se grouperont naturellement et reconstitueront les catégories d'origine.<sup>2</sup>

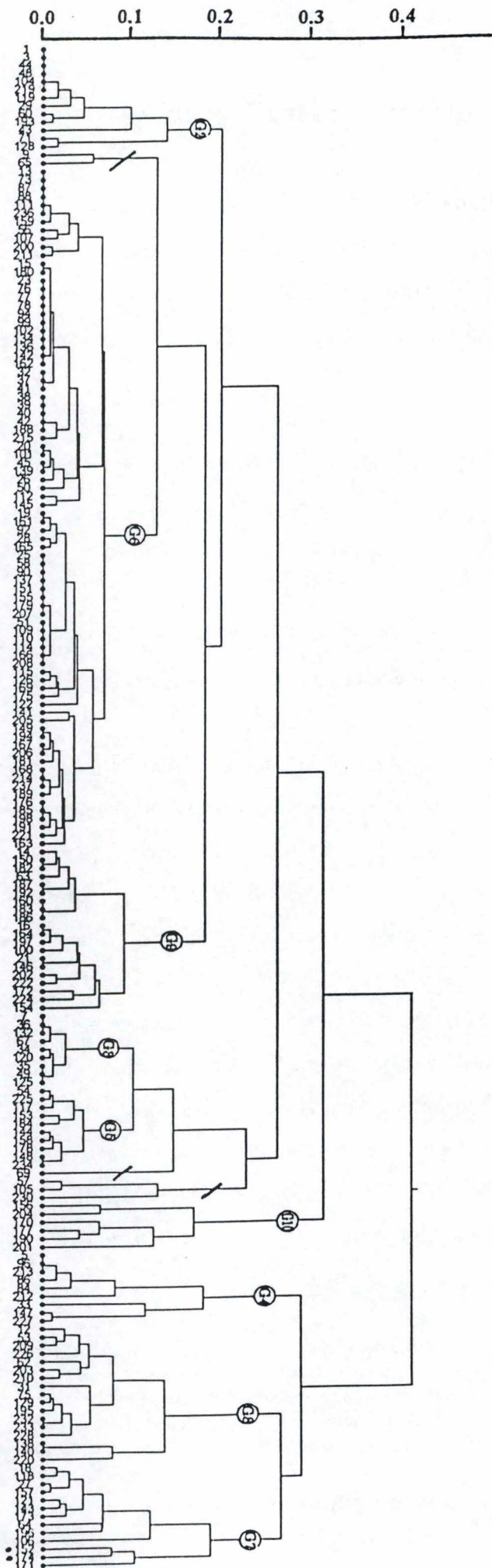
Ensuite, à l'aide d'une analyse factorielle de correspondance, nous allons rechercher la façon dont les groupes mis en évidence s'agencent les uns par rapport aux autres lorsque l'on regarde leurs profils (éducation, âge, centres d'intérêts, etc.). De cette manière nous cherchons à mettre en relief quelques hypothétiques pistes permettant de comprendre en quoi le profil du répondant peut influencer positivement ou négativement la représentation qu'il se fait de l'écosystème lacustre.

Notre but final est de donner à chacun les moyens d'acquérir les attributs essentiels de l'écosystème lacustre qui permettent de comprendre sa structure et son fonctionnement. Puisque nous aurons mis en évidence les représentations "attributives" qui existent dans notre échantillon et que nous aurons fait ressortir des pistes possibles permettant de comprendre, grâce au profil, pourquoi certaines représentations sont plus riches que d'autres, nous pourrons identifier des voies potentielles permettant aux répondants d'enrichir leur représentation "attributive" de l'écosystème lacustre.

---

<sup>1</sup> Il est important de signaler ici que les outils statistiques que nous allons employer ne nous permettront pas de prouver qu'il existe bien des groupes distincts, ni qu'il y a des liens entre les groupes et leurs profils correspondants. Les outils que nous allons utiliser permettent juste de présenter sous forme graphique l'information brute de manière à la rendre intelligible. Les conclusions que nous pourrons tirer ne seront que le résultat de notre propre interprétation, qui serait peut-être sensiblement différente si une autre personne avait dû faire l'examen des résultats de ces analyses statistiques.

<sup>2</sup> Une fois les groupes réalisés on regardera donc de quels répondants ils se composent pour voir s'il existe des représentations particulières aux "VT", aux "BIO" ou à la "POP".



**Figure 1 :** Cette figure présente les résultats de l'association des individus selon les attributs que l'on retrouve dans leurs représentations de l'écosystème lacustre. Tous les répondants n'y sont pas présents puisqu'on a écarté, avant de procéder à l'analyse, tous ceux qui n'ont pas donné de représentation de l'écosystème lacustre. L'échelle présentée au-dessus de la figure est une échelle de distance. Plus des individus ont une représentation de l'écosystème lacustre selon les attributs qui est différente, plus ils s'associent à une distance importante. On voit sur cette figure que 9 groupes (2 à 10) ont pu être identifiés.

### 3.3.1. Groupement des individus grâce au modèle didactique opérationnel de l'écosystème lacustre :

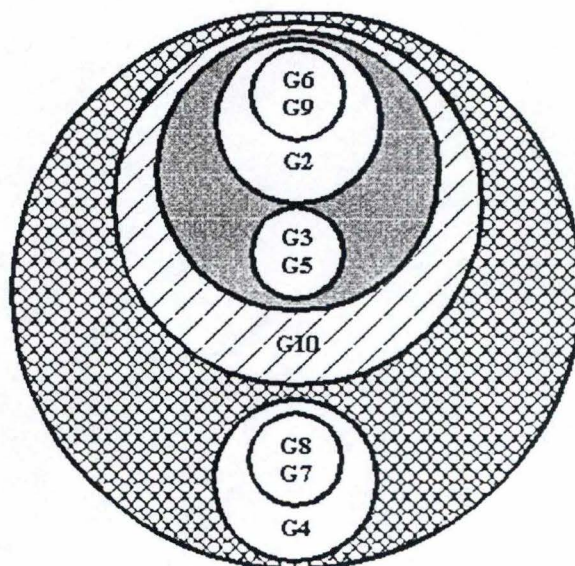
#### 3.3.1.1. Description des résultats :

- Figure 1, 2 et tableau 22' :

La *figure 1* présente une association des individus selon les attributs repérés dans leurs représentations de l'écosystème lacustre. Tous les répondants n'y sont pas présents puisque nous avons écarté, avant de procéder à l'analyse, tous ceux qui ne nous ont pas donné de représentation de l'écosystème lacustre. Nous les avons rassemblés pour former le premier groupe "G1" (*voir figure 2*), qui contient 53 individus, majoritairement "VT" (33% des "VT" pris en compte<sup>1</sup>), comme on peut le lire dans le *tableau 22'*.

On peut voir sur la *figure 1* que l'analyse de cluster nous a permis de mettre en évidence 9 groupes correspondant à 9 représentations de l'écosystème lacustre. Six personnes ("VT" n° 9, 65, 69, 57, 105 et "POP" n°230) ne rentrent dans aucun des groupes définis, on les a donc écartés.

On observe que la distance entre les individus dans un groupe n'est jamais très élevée et que l'éloignement des groupes n'est pas très important non plus. De façon schématique l'association des groupes se fait comme suit :



○ => 1<sup>ère</sup> phase de groupement, ○ => 2<sup>nd</sup>, ● => 3<sup>ème</sup>, ◊ => 4<sup>ème</sup>, ⊗ => 5<sup>ème</sup>

<sup>1</sup> 5 sont exclus, comme on l'explique au paragraphe suivant.



**Figure 2 :** Schéma figurant la représentation de l'écosystème lacustre par les membres du groupe 1.

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
NB de répondants	53	13	9	9	10	82	13	17	20	6

**Tableau 21 :** Tableau reprenant, pour chaque groupe ("G1" à "G10"), le nombre de répondants qu'il contient. Il est à rappeler ici qu'on a éliminé 6 personnes lors de l'analyse de cluster. Ils ne sont donc pas comptabilisés dans les groupes.

	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
VT(91)	12.1	9.9	5.5	2.2	49.5	6.6	8.8	5.5	0.0
BIO(67)	1.5	0.0	1.5	9.0	46.3	10.4	3.0	19.4	9.0
POP(21)	4.8	0.0	14.3	9.5	28.6	0.0	33.3	9.5	0.0

**Tableau 22 :** Tableau permettant de mettre en évidence, parmi les répondants ayant donné une représentation de l'écosystème lacustre, le pourcentage d'individus de chaque catégories ("VT", "BIO", "POP", "GEN") qui se trouvent dans les différents groupes ("G2" à "G10"). Ainsi, 49.5% des 91 "VT" qui ont donné une représentation de l'écosystème lacustre se trouvent dans le groupe 6 auquel correspond une représentation particulière de l'écosystème lacustre.

	G1
VT(135)	33
BIO(68)	1
POP(29)	28

**Tableau 22' :** Tableau permettant de mettre en évidence, parmi tous les répondants, le pourcentages d'individus de chaque catégories ("VT", "BIO", "POP", "GEN") qui n'ont pas donné de représentation de l'écosystème lacustre. L'ensemble de tous ces répondants forment le groupe 1.

Comme l'association dépend de la distance qui sépare les groupes, on peut donc dire que les groupes G6-G9, G3-G5 et G8-G7 sont les plus proches; viennent ensuite les réunions [(G6-G9)-G2] et [(G8-G7)-G4)], puis on trouve les groupements {[[(G6-G9)-G2]-(G3-G5)} et «{[(G6-G9)-G2]-(G3-G5)}-G10». Enfin on trouve la réunion de tous les groupes.

- De façon générale, les tableaux 21, 22, 22' et 23 font apparaître que:
  - la "POP" est présente dans tous les groupes sauf le G3, G7 et G10 et les groupes G1 et G8 sont ceux où elle est majoritairement présente .
  - les groupes G6 et G9 sont ceux où les "BIO" sont présents en plus grand nombre et ils sont absents du groupe G3.
  - les groupes G1 et G6 sont ceux où les "VT" sont présents en plus grand nombre et ils sont absents du groupe G10.
  - G1 et G6 se détachent nettement des autres groupes lorsqu'on regarde le nombre de personnes qu'ils contiennent (53 pour G1 et 82 pour G6 et tous les autres groupes  $\leq 20$ ).
  - sur les 7 attributs repris, ce sont les groupes G7, G8, G9 et G10 qui en citent le plus fort taux (59.3%, 68.9%, 57.1% et 64.3% respectivement).
  - sur les 34 descripteurs d'attributs, le taux maximal de citation est de 43%, par le groupe G10.
- De façon détaillée, les tableaux 21, 22, 24 et 24' permettent de décrire comme suit les 9 groupes que l'on a mis en évidence à l'aide de l'analyse de cluster:

#### **A. Caractérisation du groupe 2 et de sa représentation de l'écosystème lacustre :**

Le groupe 2 rassemble 13 individus, majoritairement "VT" (12.1% d'entre eux<sup>1</sup>).

---

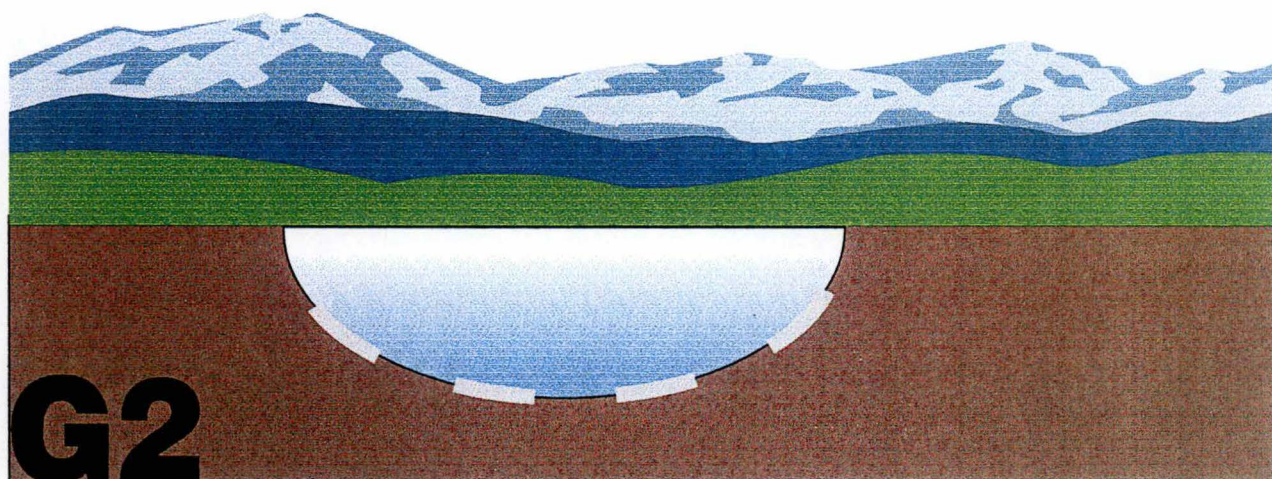
<sup>1</sup> Il est à noter ici que les pourcentages que l'on va donner dans la suite du texte pour caractériser la composition catégorielle ("VT", "BIO", "POP") des groupes 2 à 10 correspondent aux taux de réponses calculés par rapport au nombre de répondants ayant une représentation de l'écosystème lacustre. Ainsi, comme on le voit dans le *tableau 22*, 91 "VT" nous ont donné une représentation de l'écosystème lacustre et parmi eux, 12.1% font partie du groupe 2.

Les autres pourcentages sont calculés par rapport au nombre de répondants du groupe. Ainsi les répondants du groupe 2 ont, comme on peut le voir dans le *tableau 23*, une représentation de l'écosystème lacustre dans laquelle la cuvette lacustre ("CLD" dessinée ou citée par 92.3% du groupe G2) et le bassin versant ("BVD" dessiné ou cité par 100% du groupe G2) sont définis.



## Légende des représentations de l'écosystème lacustre

	<b><u>Représentation de la cuvette lacustre.</u></b>		<b><u>Représentation de la flore terrestre.</u></b>	
	<b><u>Représentation de la cuvette lacustre par une partie des membres d'un groupe.</u></b>		<b><u>Représentation de la flore terrestre.</u></b>	<b>FPD</b>
	<b><u>Représentation détaillée de la cuvette lacustre (zonation, etc.).</u></b>		<b><u>Représentation de la flore semi-aquatique.</u></b>	
	<b><u>Représentation du sédiment de la cuvette lacustre.</u></b>		<b><u>Représentation de la flore semi-aquatique.</u></b>	<b>FPD</b>
	<b><u>Représentation du sédiment de la cuvette lacustre par une grande partie des membres d'un groupe.</u></b>		<b><u>Représentation de la flore aquatique.</u></b>	
	<b><u>Représentation du sédiment de la cuvette lacustre par une petite partie des membres d'un groupe.</u></b>		<b><u>Représentation de la flore aquatique.</u></b>	<b>Représentation de facteurs climatiques (nuages, pluie, soleil, etc.).</b>
	<b><u>Représentation du bassin versant.</u></b>		<b><u>Représentation de la faune terrestre.</u></b>	<b>Représentation d'interaction(s).</b>
	<b><u>Représentation de berges étendues.</u></b>		<b><u>Représentation de la faune terrestre.</u></b>	<b>Représentation d'interaction(s).</b>
	<b><u>Représentation de l'impact de l'homme sur l'écosystème lacustre.</u></b>		<b><u>Représentation de la faune terrestre.</u></b>	<b>Représentation d'interaction(s).</b>
	<b><u>Représentation de l'impact de l'homme sur l'écosystème lacustre.</u></b>		<b><u>Représentation de la faune aquatique.</u></b>	<b>Absence de représentation de l'écosystème lacustre.</b>
			<b><u>Représentation de la faune aquatique.</u></b>	<b>?</b>
			<b><u>Représentation de la faune aquatique.</u></b>	<b>Représentation du temps cyclique.</b>
			<b><u>Représentation de l'impact de l'homme sur l'écosystème lacustre.</u></b>	
			<b><u>Représentation de l'impact de l'homme sur l'écosystème lacustre.</u></b>	



**Figure 3 :**

Schéma figurant la représentation de l'écosystème lacustre par les membres du groupe 2. Il s'agit d'une représentation où seul le biotope de l'écosystème lacustre (le plus souvent pris dans son sens le plus large, c'est-à-dire intégrant le bassin versant) est jugé important pour caractériser le système.

La représentation de l'écosystème lacustre de ces derniers fait apparaître que :

- la cuvette lacustre "CLD" est présentée par 92.3% du groupe et que 84.6% de ce dernier indique qu'elle dépend des facteurs abiotiques.
- tous les membres du groupe font référence à la notion de bassin versant "BVD". Plus précisément 53.9% dessinent un bassin versant entier et 38.4% (= 92.3% - 53.9%) présentent des berges étendues.<sup>1</sup>
- la biocénose "BCD", les fonctions propres du système dont certaines sont utiles pour l'homme "FPD" et les ressources épuisables (liées à la pression démographique) "RED", ne sont pas perceptibles.
- une faible partie des répondants de ce groupe (15.4%) présentent le sédiment "SED" du fond de la cuvette lacustre.
- la structure temporelle "STD" n'est pas perceptible.

Il s'agit donc d'une représentation où seul le biotope de l'écosystème lacustre (le plus souvent pris dans son sens le plus large, c'est-à-dire intégrant le bassin versant) est jugé important pour caractériser<sup>2</sup> le système. (*voir figure 3*)

### **B. Caractérisation du groupe 3 et de sa représentation de l'écosystème lacustre :**

Le groupe 3 rassemble 9 individus, tous "VT" (soit 9.9% d'entre eux). La représentation de l'écosystème lacustre de ces derniers fait apparaître que :

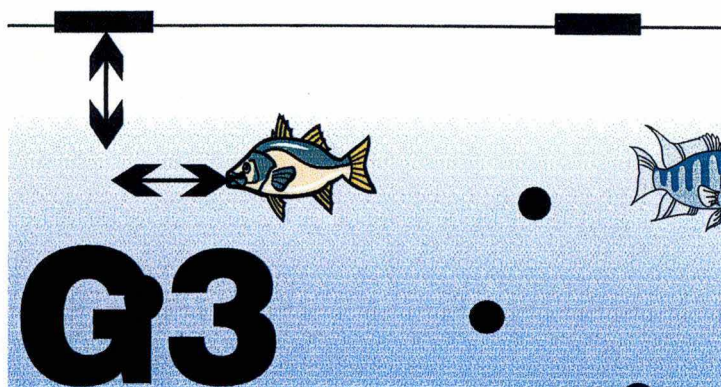
- le milieu aquatique n'est pas caractérisé (on ne peut dire s'il s'agit d'un lac, d'un fleuve ou de la mer<sup>3</sup>).
- la notion de bassin versant "BVD" n'est pas perceptible.
- tous les membres du groupe font référence à la notion de biocénose "BCD". Plus précisément 100% du groupe présentent une biocénose aquatique, répartie en classes (88.9% du groupe) et dépendant de facteurs abiotiques (55.6% du groupe).

---

<sup>1</sup> les 7.7% restants ne font que se référer à une notion générale en notant "environnement" à côté du lac par exemple.

<sup>2</sup> Il s'agit d'une caractérisation prise dans son sens le plus global (topographique et fonctionnelle).

<sup>3</sup> Il est à noter ici que 11.1% des répondants (soit un individu) de ce groupe mettent dans leur représentation des attributs non valides ("NVD") pour un écosystème lacustre. Il s'agit d'une personne qui représente une biocénose marine.



**Figure 4 :**

Schéma figurant la représentation de l'écosystème lacustre par les membres du groupe 3.  
Il s'agit essentiellement d'une représentation où seule une biocénose (animale et végétale, unicellulaire et pluricellulaire) vivant dans un milieu aquatique, dont elle dépend, est importante pour caractériser le système.

- les fonctions propres du système dont certaines sont utiles pour l'homme "FPD", les ressources épuisables (liées à la pression démographique) "RED", le sédiment du lac "SED" et la structure temporelle "STD" ne sont pas perceptibles.

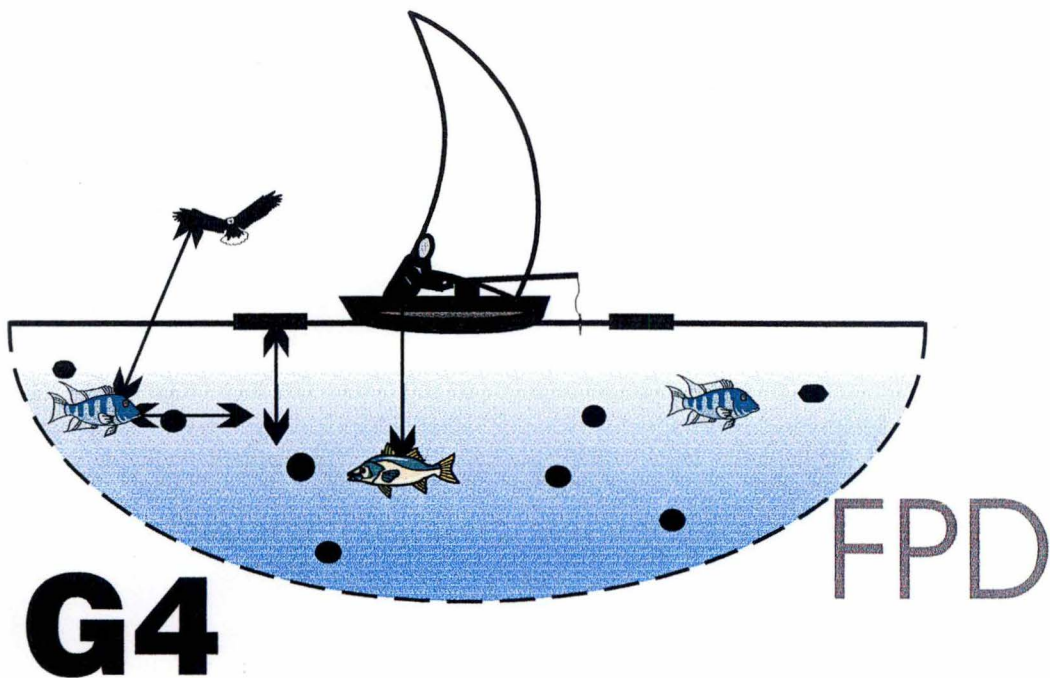
Il s'agit essentiellement d'une représentation où seule une biocénose (animale et végétale, unicellulaire et pluricellulaire) vivant dans un milieu aquatique, dont elle dépend, est importante pour caractériser le système. (*voir figure 4*)

### C. Caractérisation du groupe 4 et de sa représentation de l'écosystème lacustre:

Le groupe 4 rassemble 9 individus, "VT" (5.5% d'entre eux) et "POP" (14.3% d'entre eux) essentiellement. La représentation de l'écosystème lacustre de ces derniers fait apparaître que :

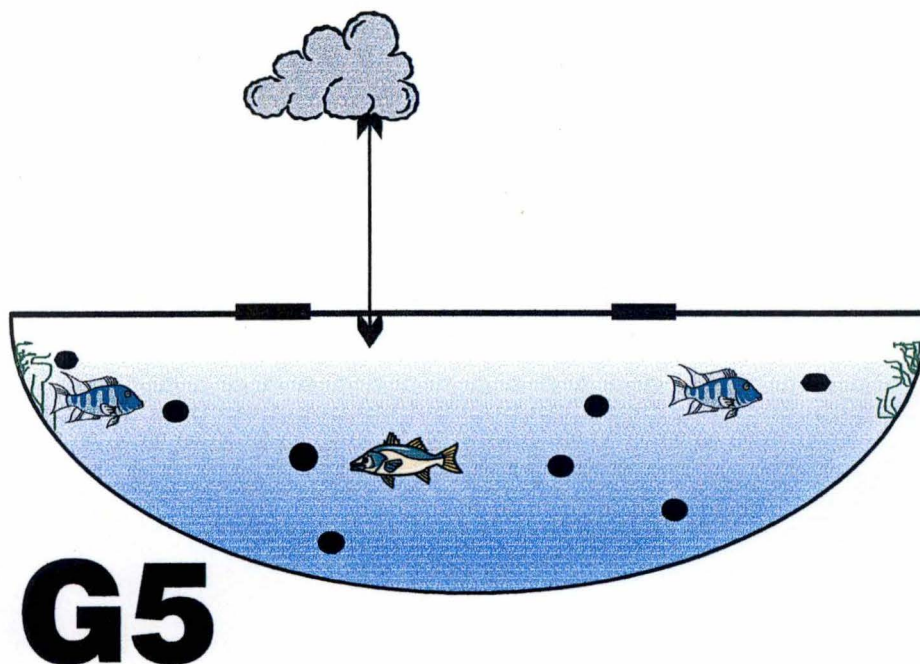
- le milieu aquatique est peu caractérisé (33.3% des répondants du groupe citent ou dessinent tout de même une cuvette lacustre "CLD").
- le bassin versant "BVD", complet ou partiel, n'est pas perceptible.
- la biocénose "BCD" est donnée par 100% du groupe. 88.9% du groupe précise qu'elle peut être aquatique et 66.7%, terrestre. De plus 77.8% des répondants de ce groupe indiquent que la biocénose dépend de facteurs abiotiques et 66.7% de facteurs biotiques.
- certaines fonctions du système sont considérées comme utiles pour l'homme (production de ressources vivrières, production d'énergie, épuration des eaux, fourniture de services, etc.) puisque "FPD" est présenté par 66.7% des répondants du groupe.
- l'homme semble avoir une action négative sur le système (prédation, pollution, etc.) puisque "RED" est présenté par 100% du groupe.
- ni le sédiment "SED", ni la structure temporelle "STD" ne sont perceptibles.
- 33.3% des répondants (soit 3 individus) de ce groupe mettent dans leur représentation des attributs non valides "NVD" pour un écosystème lacustre. Il s'agit de la représentation d'un fleuve à la place d'un lac, d'un texte avec référence aux rivières et d'un texte où il y a une référence à l'éducation de l'homme.

Dans cette représentation, c'est surtout la biocénose (aquatique et terrestre), qui dépend des facteurs abiotiques et biotiques, qui caractérise le système et faiblement le lac. Cet ensemble, considéré comme utile, est employé ou détruit par l'homme qui a donc un rôle à jouer dans ce type d'écosystème. (*voir figure 5*)



**Figure 5 :**

Schéma figurant la représentation de l'écosystème lacustre par les membres du groupe 4. Dans cette représentation c'est surtout la biocénose (aquatique et terrestre), qui dépend des facteurs abiotiques et biotiques, qui caractérise le système et faiblement le lac. Cet ensemble, considéré comme utile, est employé ou détruit par l'homme qui a donc un rôle à jouer dans ce type d'écosystème.



**Figure 6 :**

Schéma figurant la représentation de l'écosystème lacustre par les membres du groupe 5. Dans cette représentation, le système est caractérisé par une biocénose aquatique vivant dans une cuvette lacustre (dont certaines caractéristiques dépendent de facteurs abiotiques).

#### **D. Caractérisation du groupe 5 et de sa représentation de l'écosystème lacustre:**

Le groupe 5 rassemble 10 individus, majoritairement "BIO" (9% d'entre eux) et "POP" (9.5% d'entre elle). La représentation de l'écosystème lacustre de ces derniers fait apparaître que :

- la cuvette lacustre "CLD" est dessinée ou citée par 100% du groupe et que 70% de ce dernier indiquent qu'elle dépend des facteurs abiotiques.
- le bassin versant "BVD" n'est jamais perceptible.
- la biocénose "BCD" est donnée par 100% du groupe. Plus précisément ce dernier représente une biocénose aquatique (90% du groupe), qui dépend de facteurs abiotiques (50% du groupe).
- les fonctions propres du système dont certaines sont utiles pour l'homme "FPD", les ressources épuisables (liées à la pression démographique) "RED", le sédiment du lac "SED" et la structure temporelle "STD" ne sont pas perceptibles.

Dans cette représentation, le système est caractérisé par une biocénose aquatique vivant dans une cuvette lacustre (dont certaines caractéristiques dépendent de facteurs abiotiques). (*voir figure 6*)

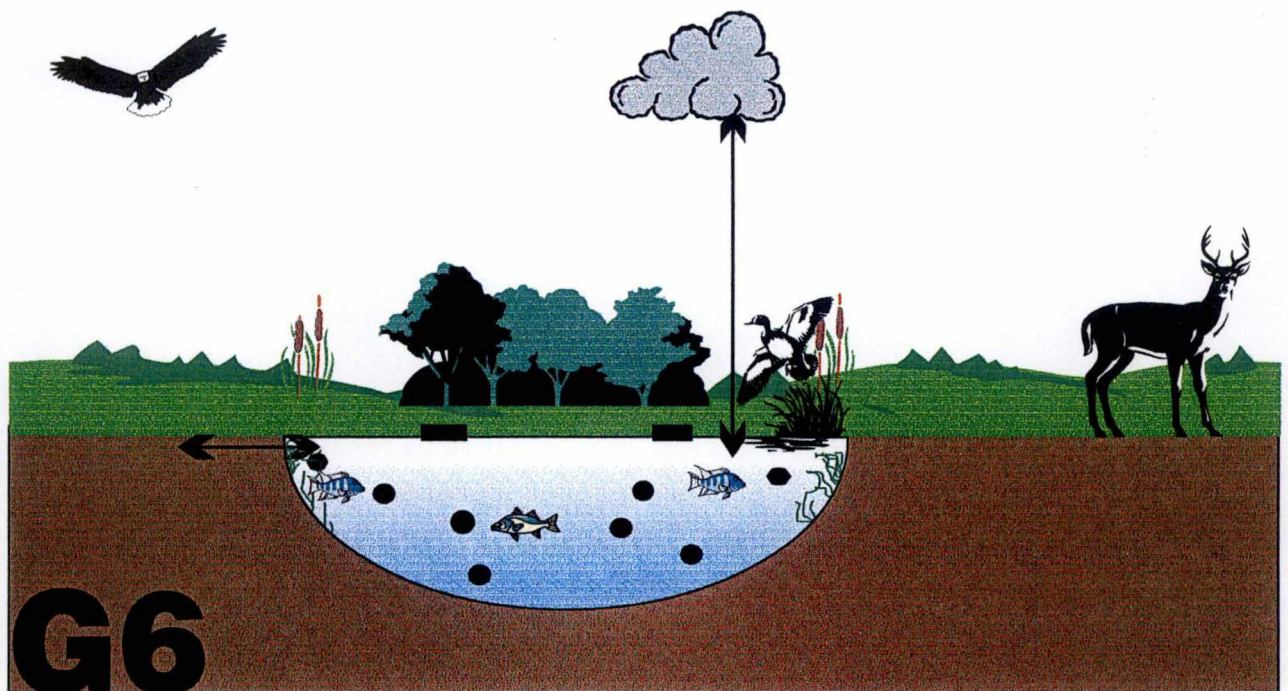
#### **E. Caractérisation du groupe 6 et de sa représentation de l'écosystème lacustre:**

Le groupe 6 rassemble 82 individus, majoritairement étudiants (49.5% des "VT" et 46.3% des "BIO"). La représentation de l'écosystème lacustre de ces derniers fait apparaître que :

- la cuvette lacustre "CLD" est présentée par 100% du groupe et que 62.2% de ce dernier indique qu'elle dépend des facteurs abiotiques.
- la notion de bassin versant "BVD" est donné par 100% du groupe. Plus précisément 79.3% de ce dernier présente majoritairement des berges étendues<sup>1</sup> et 84.2% du groupe indique qu'il interagit avec la cuvette lacustre, notamment.

---

<sup>1</sup> Les 20.7% restant font soit appel à une notion générale comme "environnement" ou "milieu terrestre" soit parlent de "bois", "forêt", "prairie", etc. soit représentent le bassin versant.



**Figure 7 :**

Schéma figurant la représentation de l'écosystème lacustre par les membres du groupe 6. Dans cette représentation, le système est caractérisé par une biocénose (aquatique et terrestre, animale et végétale, unicellulaire et pluricellulaire) vivant dans un biotope lacustre, qui inclue la cuvette lacustre (dont certaines caractéristiques dépendent de facteurs abiotiques) et des berges étendues, dont elle est tributaire.

- la biocénose "BCD" est présentée par 100% du groupe. 85.4% du groupe précise qu'elle peut être aquatique et 79.3%, terrestre. De plus 57.3% des membres du groupe indiquent que la biocénose est répartie en classes et 76.8% qu'elle dépend de facteurs abiotiques.
- les fonctions propres du système dont certaines sont utiles pour l'homme "FPD", les ressources épuisables (liées à la pression démographique) "RED", le sédiment du lac "SED" et la structure temporelle "STD" ne sont pas perceptibles.

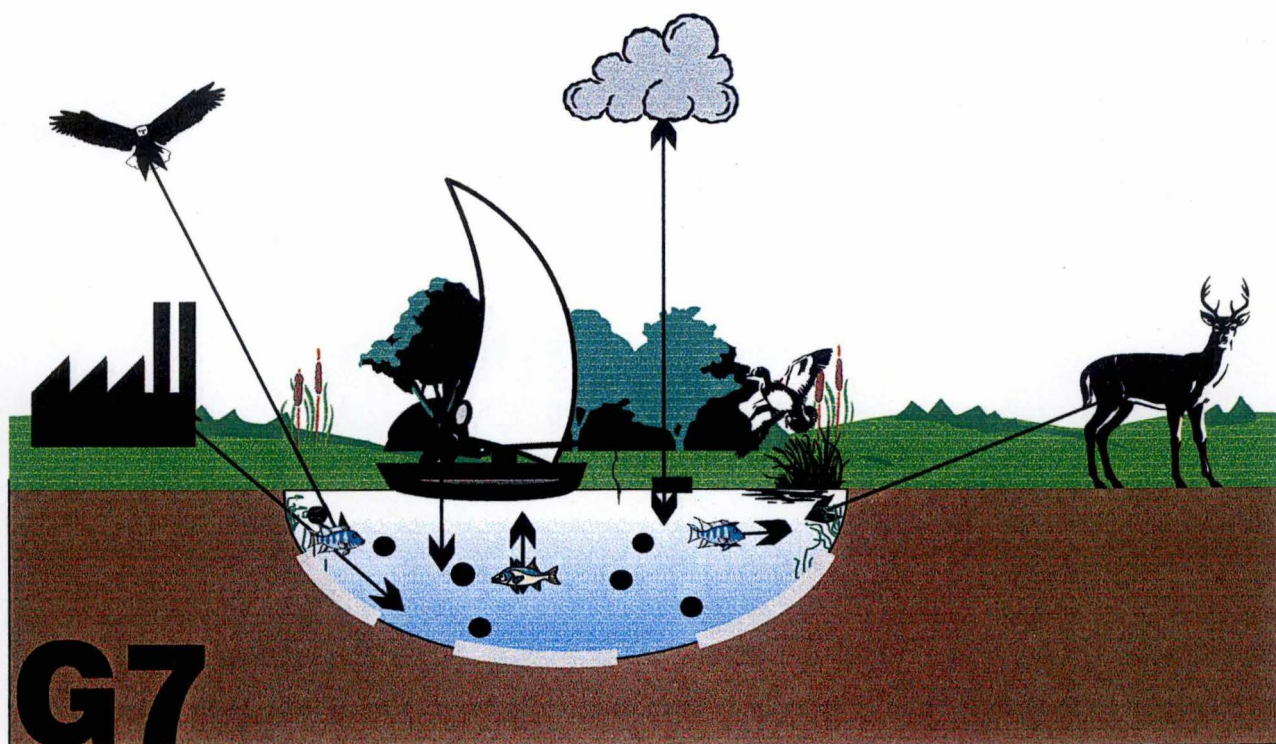
Dans cette représentation, le système est caractérisé par une biocénose (aquatique et terrestre, animale et végétale, unicellulaire et pluricellulaire) vivant dans un biotope lacustre, qui inclue la cuvette lacustre (dont certaines caractéristiques dépendent de facteurs abiotiques) et des berges étendues, dont elle est tributaire. (*voir figure 7*)

#### **F. Caractérisation du groupe 7 et de sa représentation de l'écosystème lacustre:**

Le groupe 7 rassemble 13 individus, tous étudiants (6.6% des "VT" et 10.4% des "BIO"). La représentation de l'écosystème lacustre de ces derniers fait apparaître que :

- la cuvette lacustre "CLD" est présentée par 100% du groupe et que ce dernier indique qu'elle dépend des facteurs abiotiques (92.3% du groupe) et biotiques (76.9%).
- la notion de bassin versant "BVD" est présentée par 100% du groupe. Plus précisément 53.9% de ce dernier présente majoritairement des berges étendues<sup>1</sup> et 92.3% du groupe indique qu'il interagit avec la cuvette lacustre, notamment.
- la biocénose "BCD" est représentée ou citée par 92.3% du groupe. Plus précisément ce dernier représente une biocénose, aquatique (69.2% du groupe) et terrestre (76.9% du groupe), répartie en classes (53.9% du groupe). Elle dépend de facteurs abiotiques pour 69.2% du groupe et biotiques pour 53.9% du groupe.
- la biocénose "BCD" est représentée par 92.3% du groupe. 69.2% du groupe précise qu'elle peut être aquatique et 76.9%, terrestre. De plus 53.9% des membres du groupe indiquent que la biocénose est répartie en classes. En outre, pour 69.2% elle dépend de facteurs abiotiques et pour 53.9% de facteurs biotiques.
- les fonctions propres du système dont certaines sont utiles pour l'homme "FPD" ne sont pas perceptibles.

<sup>1</sup> Les 46.1% restant font soit appel à une notion générale comme "environnement" ou "milieu terrestre" soit parlent de "bois", "forêt", "prairie", etc. soit représentent le bassin versant.



**Figure 8 :**

Schéma figurant la représentation de l'écosystème lacustre par les membres du groupe 7. Dans cette représentation, le système est caractérisé par une biocénose (aquatique et terrestre, végétale et animale, unicellulaire et pluricellulaire, connaissant des interactions) vivant dans un biotope lacustre, décrit assez précisément, dont elle est tributaire et incluant une cuvette lacustre (dont certaines caractéristiques dépendent de facteurs abiotiques et biotiques) ainsi que des berges étendues. Cet ensemble est employé ou détruit par l'homme qui a donc un rôle à jouer dans la caractérisation de ce type d'écosystème.

- l'homme a une action négative sur le système (prédation, pollution, etc.) puisque "RED" est présenté par 100% du groupe.
- le sédiment "SED" est présenté par 23.1% des répondants du groupe.
- la structure temporelle "STD" n'est pas donnée.

Dans cette représentation, le système est caractérisé par une biocénose (aquatique et terrestre, végétale et animale, unicellulaire et pluricellulaire, connaissant des interactions) vivant dans un biotope lacustre, décrit assez précisément, dont elle est tributaire et incluant une cuvette lacustre (dont certaines caractéristiques dépendent de facteurs abiotiques et biotiques) ainsi que des berges étendues. Cet ensemble est employé ou détruit par l'homme qui a donc un rôle à jouer dans la caractérisation de ce type d'écosystème. (*voir figure 8*)

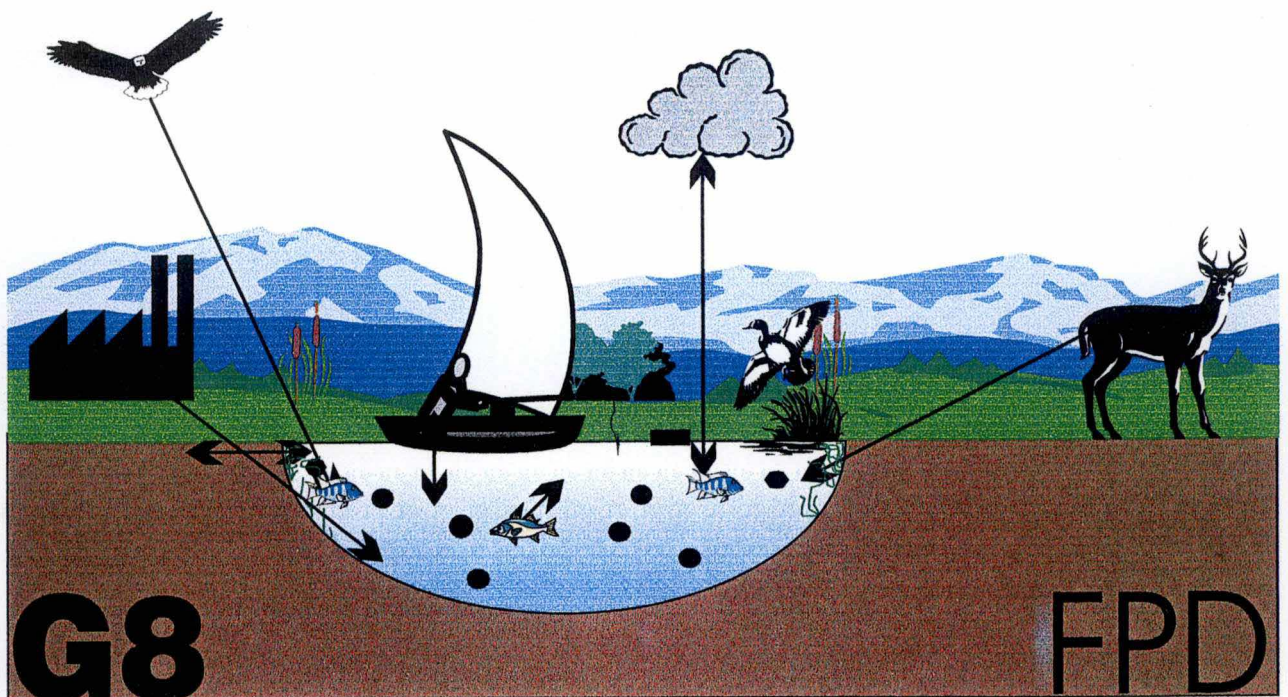
### **G. Caractérisation du groupe 8 et de sa représentation de l'écosystème lacustre:**

Le groupe 8 rassemble 17 individus, majoritairement composé de "VT" (8.8% d'entre eux) et de la "POP" (33.3% d'entre elle). La représentation de l'écosystème lacustre de ces derniers fait apparaître que :

- la cuvette lacustre "CLD" est présentée par 100% du groupe et que ce dernier indique qu'elle dépend des facteurs abiotiques (58.8 % du groupe).
- la notion de bassin versant "BVD" est donnée par 100% du groupe. Plus précisément 58.8% dessinent un bassin versant entier et 23.6% (= 82.4% - 58.8%) présentent des berges étendues.<sup>1</sup>
- la biocénose "BCD" est représentée par 76.5% du groupe. 76.5% du groupe précise qu'elle peut être aquatique et 58.8%, terrestre. De plus 70.6% des membres du groupe indiquent que la biocénose dépend de facteurs abiotiques.
- certaines fonctions du système sont considérées comme utiles pour l'homme (production de ressources vivrières, production d'énergie, épuration des eaux, fourniture de services, etc.) puisque "FPD" est présenté par 100% des répondants du groupe.
- l'homme a une action négative sur le système (prédation, pollution, etc.) puisque "RED" est présenté par 100% du groupe.
- le sédiment du lac "SED" et la structure temporelle "STD" ne sont pas perceptibles.

---

<sup>1</sup> Les 17.6% restant font soit appel à une notion générale comme "environnement" ou "milieu terrestre" soit parlent de "bois", "forêt", "prairie", etc. soit représentent le bassin versant.



**Figure 9 :**

Schéma figurant la représentation de l'écosystème lacustre par les membres du groupe 8. Dans cette représentation, le système est caractérisé par une biocénose (aquatique et terrestre) liée au biotope de l'écosystème lacustre (le plus souvent pris dans son sens le plus large, c'est-à-dire intégrant le bassin versant), dont elle dépend. Cet ensemble considéré comme utile est employé ou détruit par l'homme qui a donc un rôle à jouer dans la caractérisation de ce type d'écosystème.

Dans cette représentation, le système est caractérisé par une biocénose (aquatique et terrestre) liée au biotope de l'écosystème lacustre (le plus souvent pris dans son sens le plus large, c'est-à-dire intégrant le bassin versant), dont elle dépend. Cet ensemble considéré comme utile est employé ou détruit par l'homme qui a donc un rôle à jouer dans la caractérisation de ce type d'écosystème. (*voir figure 9*)

#### **H. Caractérisation du groupe 9 et de sa représentation de l'écosystème lacustre:**

Le groupe 9 rassemble 20 individus, majoritairement "BIO" (19.4% d'entre eux). La représentation de l'écosystème lacustre de ces derniers fait apparaître que :

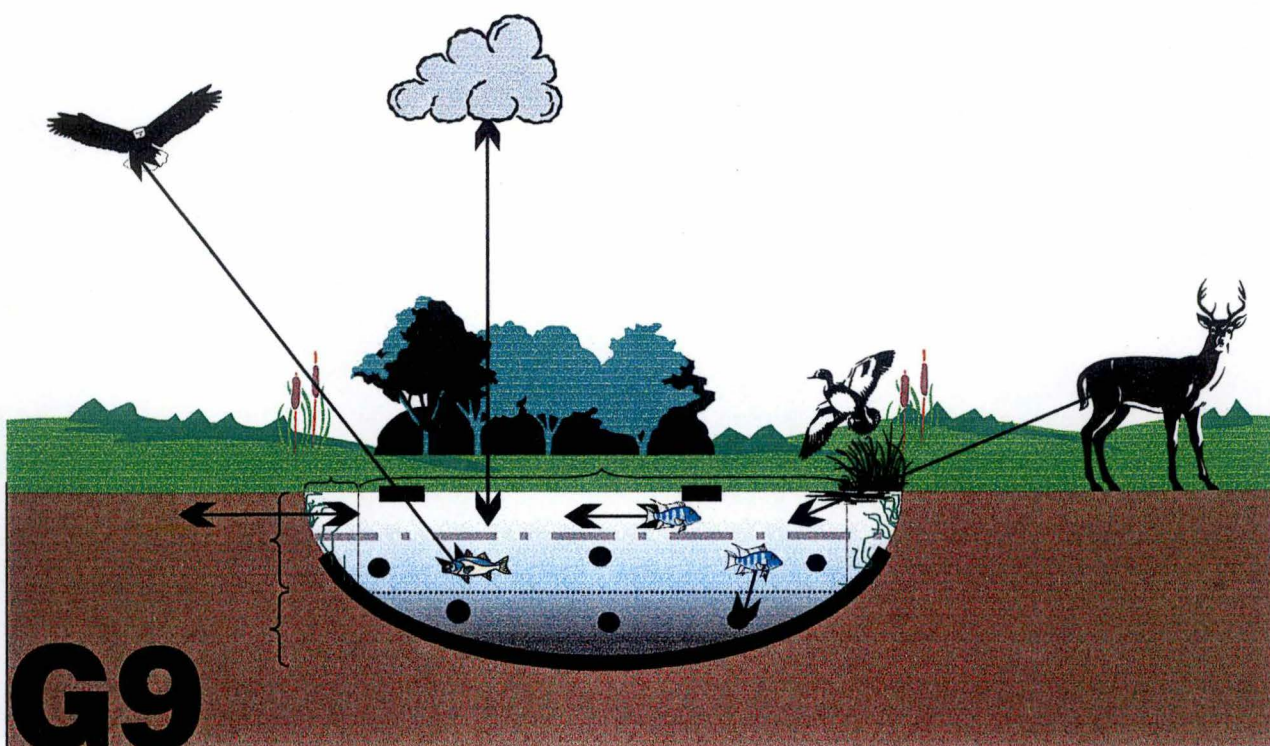
- la cuvette lacustre "CLD" est présentée par 100% du groupe. Celle-ci est divisée en zones par 80% du groupe qui indique aussi qu'elle dépend des facteurs abiotiques (75% du groupe) et biotiques (55%).
- le bassin versant "BVD" est donné par 100% du groupe. Plus précisément 80% de ce dernier présente majoritairement des berges étendues<sup>1</sup> et 75% du groupe indique qu'il interagit avec la cuvette lacustre, notamment.
- la biocénose "BCD" est présentée par 100% du groupe. 95% du groupe précise qu'elle peut être aquatique et 70%, terrestre. De plus, 55% des membres du groupe indiquent que la biocénose est répartie en classes et 90% qu'elle dépend de facteurs abiotiques.
- les fonctions propres du système dont certaines sont utiles pour l'homme "FPD" ainsi que les ressources épuisables (liées à la pression démographique) "RED" ne sont pas présentées.
- le sédiment "SED" est présenté par 100% du groupe. Celui-ci dépend pour 55% du groupe des facteurs écologiques.
- la structure temporelle "STD" n'est pas perceptible.

Dans cette représentation, le système est caractérisé par une biocénose (aquatique et terrestre, végétale et animale, unicellulaire et pluricellulaire) vivant dans un biotope lacustre, décrit de façon pointue<sup>2</sup>, dont elle est tributaire et incluant une cuvette lacustre (dont certaines

---

<sup>1</sup> Les 20% restant font soit appel à une notion générale comme "environnement" ou "milieu terrestre" soit parlent de "bois", "forêt", "prairie", etc. soit représentent le bassin versant.

<sup>2</sup> Cuvette lacustre découpée en zones et sédiments du fond de celle-ci dépendant des facteurs écologiques



**Figure 10 :** Schéma figurant la représentation de l'écosystème lacustre par les membres du groupe 9. Dans cette représentation, le système est caractérisé par une biocénose (aquatique et terrestre, végétale et animale, unicellulaire et pluricellulaire) vivant dans un biotope lacustre, décrit de façon pointue, dont elle est tributaire et incluant une cuvette lacustre (dont certaines caractéristiques dépendent de facteurs abiotiques et biotiques) ainsi que des berges étendues.

caractéristiques dépendent de facteurs abiotiques et biotiques) ainsi que des berges étendues. (voir figure 10)

### I. Caractérisation du groupe 10 et de sa représentation de l'écosystème lacustre:

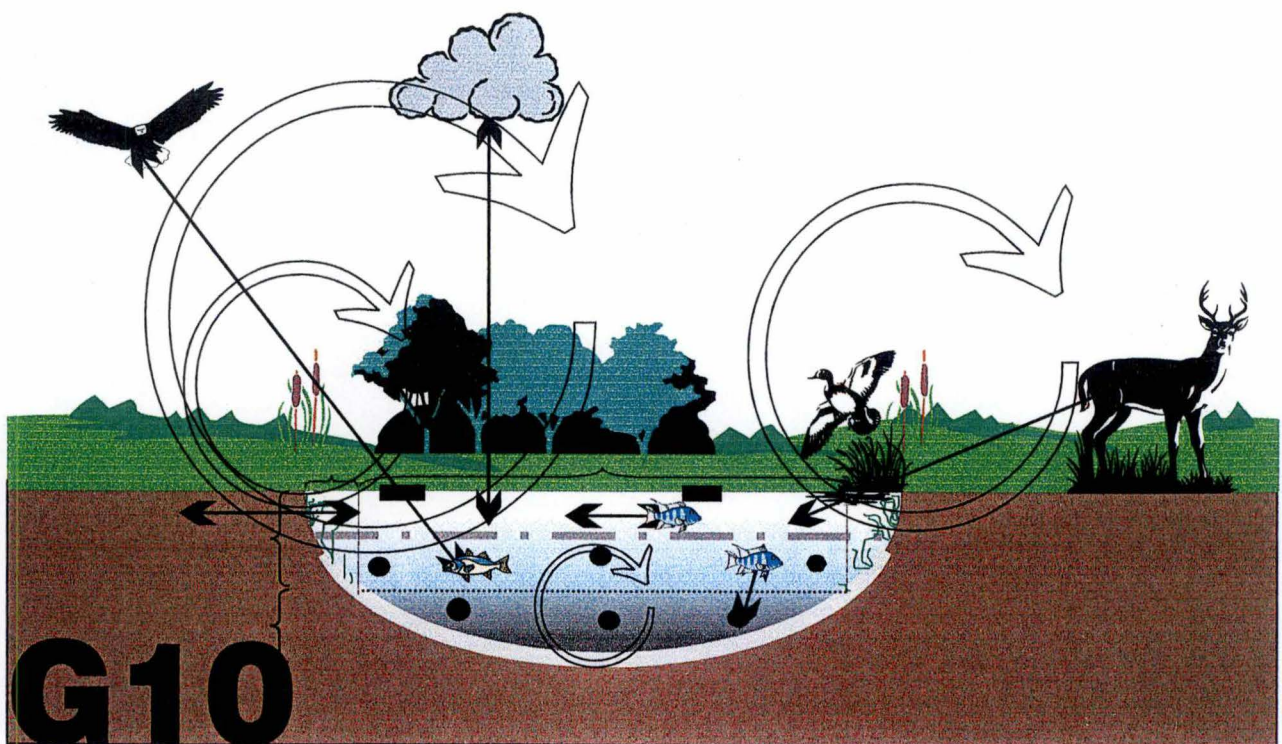
Le groupe 10 rassemble 6 individus, tous "BIO" (soit 9% d'entre eux). La représentation de l'écosystème lacustre de ces derniers fait apparaître que :

- la cuvette lacustre "CLD" est présentée par 100% du groupe. Celle-ci est divisée en zones par 83.3% du groupe qui indique aussi qu'elle dépend des facteurs abiotiques (100% du groupe).
- le bassin versant "BVD" est présenté par 83.3% du groupe. Plus précisément 66.7% de ce dernier présente majoritairement des berges étendues<sup>1</sup> et 66.7% du groupe indique qu'il interagit avec la cuvette lacustre, notamment.
- la biocénose "BCD" est présentée par 100% du groupe. 100% du groupe précise qu'elle peut être aquatique et 83.3%, terrestre. De plus, 83.3% des membres du groupe indiquent qu'elle dépend de facteurs abiotiques.
- les fonctions propres du système dont certaines sont utiles pour l'homme "FPD" ainsi que les ressources épuisables (liées à la pression démographique) "RED" ne sont pas présentées.
- le sédiment "SED" est représenté par 66.7% du groupe. Celui-ci dépend, pour 50% du groupe, des facteurs écologiques.
- la structure temporelle "STD" est donnée par 100% du groupe et 83.3% de celui-ci précise qu'elle est de type cyclique.

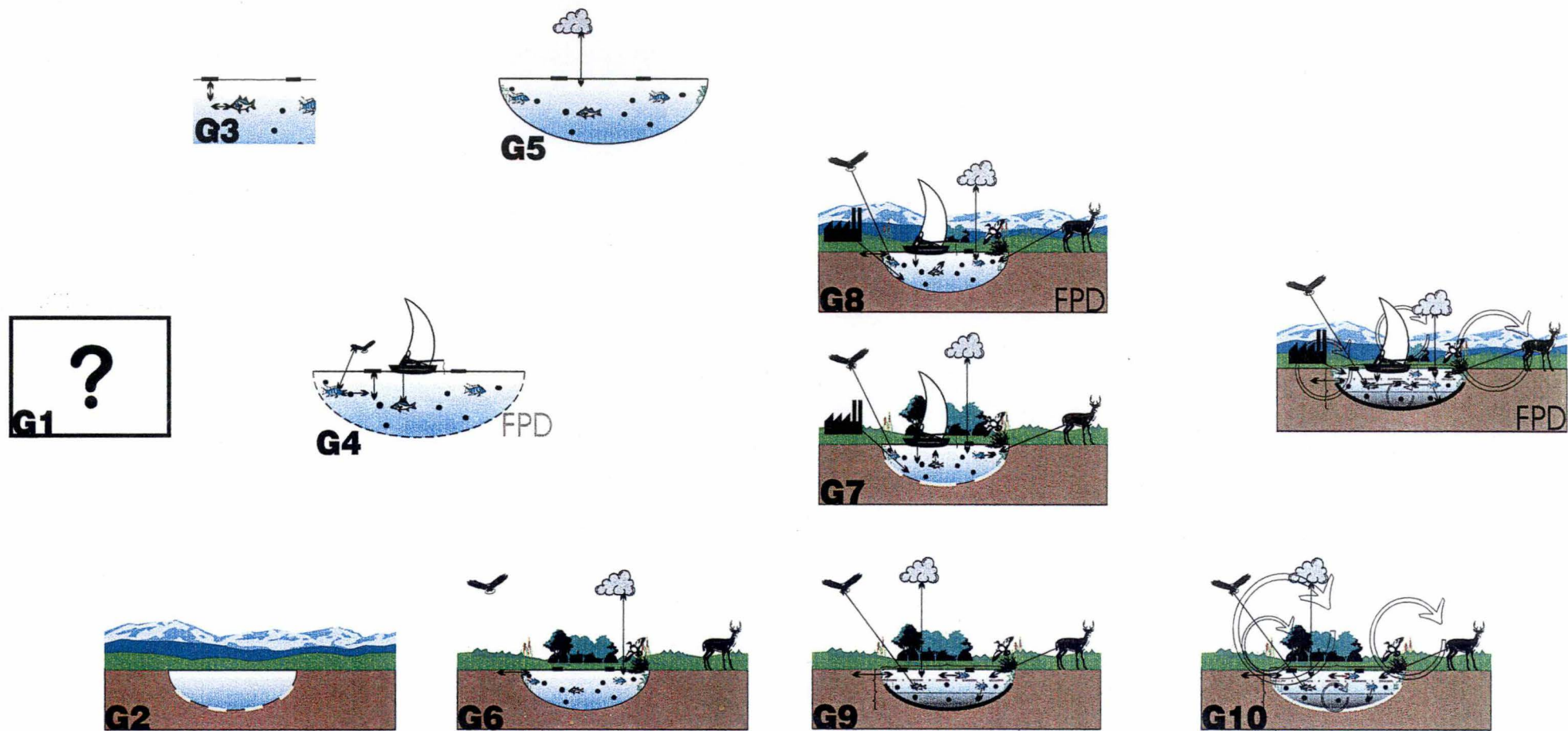
Dans cette représentation, le système est caractérisé par une biocénose (aquatique et terrestre, végétale et animale, unicellulaire et pluricellulaire, connaissant des interactions) vivant dans un biotope lacustre, décrit de façon pointue<sup>2</sup>, dont elle est tributaire et incluant une cuvette lacustre (dont certaines caractéristiques dépendent de facteurs abiotiques et biotiques) ainsi que des berges étendues. Cet ensemble est susceptible de connaître des modifications cycliques. (voir figure 11)

<sup>1</sup> Les 20% restant font soit appel à une notion générale comme "environnement" ou "milieu terrestre" soit parlent de "bois", "forêt", "prairie", etc. soit représentent le bassin versant.

<sup>2</sup> Cuvette lacustre découpée en zones et sédiments du fond de celle-ci dépendant des facteurs écologiques



**Figure 11 :** Schéma figurant la représentation de l'écosystème lacustre par les membres du groupe 10. Dans cette représentation, le système est caractérisé par une biocénose (aquatique et terrestre, végétale et animale, unicellulaire et pluricellulaire, connaissant des interactions) vivant dans un biotope lacustre, décrit de façon pointue, dont elle est tributaire et incluant une cuvette lacustre (dont certaines caractéristiques dépendent de facteurs abiotiques et biotiques) ainsi que des berges étendues. Cet ensemble est susceptible de connaître des modifications cycliques.



## COMPLEXITE

**Figure 12 :** A l'aide de l'analyse de cluster on a pu mettre en évidence 9 groupes auxquels on a associé 9 représentations types de l'écosystème lacustre (le dixième groupe, qui n'a pas donné de représentation de l'écosystème lacustre, a été fait avant l'analyse de cluster). Celles-ci montrent des degrés de similitudes plus ou moins importants et on peut dégager une évolution progressive de leur complexité comme on le figure ici. La dernière représentation, où aucun numéro de groupe ne figure, correspond à ce que l'on peut attendre de mieux par la simple voie dessinée.

### 3.3.1.2. Synthèse :

A l'aide de l'analyse de cluster, on a pu mettre en évidence 9 types de représentations de l'écosystème lacustre. Celles-ci, bien que différentes, montrent des degrés de similitude plus ou moins importants et il est possible de dégager une évolution progressive de leur complexité. (*voir figure 12*)

Les groupes sont en général hétérogènes sauf G3 (100% de "VT" qui représentent une biocénose aquatique) et G10 (100% de "BIO" qui représentent un système, connaissant des cycles temporels, composé d'une biocénose liée à un biotope lacustre décrit de façon assez pointue). Cela indique qu'il n'y a pas vraiment de représentation spécifique pour chacun des 3 types de répondants ("BIO", "VT" et "POP") qui pourtant ont des caractéristiques propres<sup>1</sup>.

Les groupes les plus représentés, et donc aussi les moins susceptibles de connaître des variations importantes à cause d'un ou plusieurs individus isolés, sont G1 et G6, G1 étant probablement surévalué<sup>2</sup>. On passe donc d'une absence de représentation à une autre, héritée de la scolarité (puisque donnée essentiellement par des étudiants), qui répond schématiquement à la définition :

"écosystème = biocénose + biotope"

G6 a une représentation qu'on peut qualifier de moyenne. Avant elle, si l'on considère le degré de complexité, il y a 4 représentations intermédiaires (celles de G2, G3, G4 et G5) centrées respectivement : sur l'ensemble du biotope (G2), sur la biocénose aquatique (G3), sur l'homme et son action (G4) et enfin sur la cuvette lacustre et son contenu (G5). Après G6 on trouve 3 représentations que l'on peut mettre sur un pied d'égalité (celles de G7, G8 et G9), et une quatrième où la notion de temps est intégrée (G10). G7, G8 et G9 montrent, en plus des caractéristiques de la représentation de G6, soit une vue centrée sur la cuvette lacustre qui est détaillée (G9) soit une vue plus générale de l'ensemble de l'écosystème lacustre dans laquelle le rapport entre l'homme et ce type de système est mis en évidence (G8). G7 est intermédiaire entre ces deux approches. Le groupe 10 a une représentation de l'écosystème lacustre qui est fort proche de celle du groupe G9. Seule la mise en évidence, par G10, de cycles temporels qui caractérisent le fonctionnement du système, permet de les distinguer. (*voir figure 12*)

---

<sup>1</sup> Voir aux pages 82 et 83 de la méthodologie.

<sup>2</sup> Une partie des "VT" de ce groupe n'ayant probablement pas répondu par facilité, comme on l'a dit à la page 106.

	G1(/53)		G2(/13)		G3(/9)		G4(/9)		G5(/10)		G6(/82)		G7(/13)		G8(/17)		G9(/20)		G10(/6)	
	Nb.	En %	Nb.	En %	Nb.	En %	Nb.	En %	Nb.	En %	Nb.	En %	Nb.	En %	Nb.	En %	Nb.	En %	Nb.	En %
E	45	85	12	92	9	100	6	67	9	90	77	94	13	100	12	71	19	95	6	100
NE	8	15	1	8	0	0	3	33	1	10	5	6	0	0	5	29	1	5	0	0
OS	1	2	1	8	0	0	1	11	6	60	33	40	7	54	2	12	13	65	6	100
NU	7	13	1	8	0	0	3	33	1	10	4	5	0	0	4	24	1	5	0	0
U	46	87	12	92	9	100	6	67	9	90	78	95	13	100	13	76	19	95	6	100
ES	43	81	10	77	6	67	8	89	10	100	71	87	10	77	13	76	17	85	6	100
MJ	7	13	0	0	0	0	2	22	0	0	3	4	0	0	5	29	1	5	0	0
J	46	87	13	100	9	100	7	78	10	100	79	96	13	100	12	71	19	95	6	100
NS	4	8	3	23	3	33	0	0	1	10	10	12	1	8	3	18	0	0	0	0
VF	15	28	5	38	1	11	3	33	4	40	21	26	6	46	4	24	9	45	3	50
VE1	16	30	3	23	2	22	4	44	4	40	23	28	5	38	5	29	3	15	2	33
VE2	26	49	5	38	5	56	4	44	6	60	50	61	8	62	6	35	12	60	4	67
VE3	4	8	1	8	1	11	3	33	0	0	11	13	4	31	1	6	3	15	4	67
VM	9	17	3	23	1	11	3	33	2	20	7	9	2	15	4	24	7	35	2	33
VA	8	15	1	8	2	22	4	44	3	30	22	27	3	23	4	24	5	25	2	33
SP	32	60	8	62	3	33	6	67	7	70	41	50	7	54	8	47	13	65	4	67
SL	20	38	1	8	1	11	3	33	7	70	18	22	6	46	6	35	10	50	4	67
SR	16	30	3	23	1	11	1	11	1	10	29	35	4	31	7	41	9	45	3	50
SF	2	4	1	8	0	0	0	0	1	10	2	2	0	0	2	12	0	0	0	0
NI	23	43	6	46	6	67	1	11	4	40	23	28	2	15	5	29	1	5	0	0
IV	22	42	5	38	2	22	4	44	3	30	39	48	6	46	8	47	13	65	4	67
IP	7	13	1	8	1	11	3	33	2	20	13	16	1	8	3	18	2	10	2	33
IC	3	6	0	0	1	11	3	33	1	10	8	10	2	15	1	6	5	25	0	0
IA	1	2	0	0	1	11	0	0	1	10	1	1	1	8	0	0	2	10	1	17

**Tableau 25 :** Tableau indiquant pour chaque groupe, la valeur des différents états du profil.

La première sous-colonne d'un groupe indique le nombre de répondants qui connaissent les différents états et la seconde indique le pourcentage du groupe qui connaît ces mêmes états. Ainsi on a, par exemple, 45 répondants dans le groupe 1 qui sont étudiants ("E"), ce qui représente 85% du total du groupe 1 qui contient 53 répondants au total.

Signification des variables :

"E" = Etudiant; "NE" = Non étudiant; "OS" = Cours ayant trait aux sciences de l'eau en supérieur; "NU" = Non Universitaire; "U" = Universitaire ou assimilé; "ES" = Etudes secondaires en Belgique; "MJ" = Moins Jeune (Né avant 1965); "J" = Jeune (Né après 1965); "NS" = Non sensibilisé; "VF" = Sensibilisation par la famille; "VE1" = Sensibilisation par l'école primaire; "VE2" = Sensibilisation par l'école secondaire; "VE3" = Sensibilisation par l'école supérieure; "VM" = Sensibilisation par les médias; "VA" = Sensibilisation par une participation personnelle active; "SP" = Le sujet de sensibilisation est la pollution des eaux; "SL" = Le sujet de sensibilisation concerne des problèmes liés à la pollution des eaux; "SR" = Le sujet de sensibilisation concerne des problèmes liés à la répartition de l'eau; "SF" = Le sujet de sensibilisation concerne des données fonctionnelles; "NI" = Non intéressé par les sciences de l'eau; "IV" = intéressé par les sciences de l'eau car l'eau est une source de vie; "IP" = intéressé par les sciences de l'eau car l'eau est une source de problèmes; "IC" = intéressé par les sciences de l'eau car l'eau est une source de connaissance; "IA" = intéressé par les sciences de l'eau car l'eau est une source d'argent.

A chacun des groupes mis en évidence est donc associée une représentation de l'écosystème lacustre qui contient elle-même un nombre variable d'attributs et de descripteurs d'attributs, dont dépend la finesse de la représentation.

Tout groupe a aussi un profil, que l'on peut décrire par différents "états" (éducation, âge, centres d'intérêts, etc.) particuliers. Certains d'entre eux peuvent peut-être nous aider à comprendre pourquoi un groupe a une représentation de l'écosystème lacustre plus fine qu'un autre. C'est ce que nous tentons de savoir grâce à l'analyse factorielle de correspondance dont les résultats sont décrits au point suivant.

### **3.3.2. Etude des liens potentiels entre les représentations de l'écosystème lacustre et les profils des répondants :**

#### **3.3.2.1. Description des résultats :**

- Tableaux 25 et 25' :

Pour réaliser l'AFC nous avons utilisé les résultats obtenus dans le *tableau 25*. Dans ce dernier, nous avons mis en relation les groupes et les différents éléments permettant de caractériser le profil des répondants.

Le *tableau 25'* indique que les profils sont assez peu contrastés sauf pour les "états" "OS" (cours ayant trait aux sciences de l'eau en supérieur), "VE3" (sensibilisation en école supérieure), "SL"(sujet de sensibilisation concernant des problèmes liés à la pollution de l'eau) et "NI" (non intéressé par les sciences de l'eau).

On peut donc dire qu'en dehors de "OS", "VE3" et "SL" et "NI" il n'y a pas vraiment de trait propre à un groupe particulier.

- Tableau 26 :

L'A.F.C réalisée, nous avons choisi le nombre d'axes à considérer. Comme on le voit dans le *tableau 26*, 39% de la variance totale est expliquée par le premier axe et 32% par le second, soit un total de 71% pour le premier plan factoriel. Les axes 3 et 4 n'expliquent, quant à eux, que 9% et 7% de la variance totale respectivement. Nous nous contenterons donc d'analyser les résultats du premier plan factoriel, en sachant que nous perdons 29% de l'information qui était contenue dans les données que nous avons soumises à cette analyse.

	Min. (en %)	Max. (en %)	Diff. (en %)
E	67	100	33
NE	0	33	33
OS	0	100	100
NU	0	33	33
U	67	100	33
ES	67	100	33
MJ	0	29	29
J	71	100	29
NS	0	33	33
VF	11	50	39
VE1	15	44	29
VE2	35	67	31
VE3	0	67	67
VM	9	35	26
VA	8	44	37
SP	33	70	37
SL	8	70	62
SR	10	50	40
SF	0	12	12
NI	0	67	67
IV	22	67	44
IP	8	33	26
IC	0	33	33
IA	0	17	17

**Tableau 25' :** Tableau présentant, tous groupes confondus, les pourcentages les plus faibles ("MIN.") et les plus élevés ("MAX.") pour chaque état du profil. La différence de ces deux valeurs est aussi indiquée ("Diff.").

Signification des variables :

"E" = Etudiant; "NE" = Non étudiant; "OS" = Cours ayant trait aux sciences de l'eau en supérieur; "NU" = Non Universitaire; "U" = Universitaire ou assimilé; "ES" = Etudes secondaires en Belgique; "MJ" = Moins Jeune (Né avant 1965); "J" = Jeune (Né après 1965); "NS" = Non sensibilisé; "VF" = Sensibilisation par la famille; "VE1" = Sensibilisation par l'école primaire; "VE2" = Sensibilisation par l'école secondaire; "VE3" = Sensibilisation par l'école supérieure; "VM" = Sensibilisation par les médias; "VA" = Sensibilisation par une participation personnelle active; "SP" = Le sujet de sensibilisation est la pollution des eaux; "SL" = Le sujet de sensibilisation concerne des problèmes liés à la pollution des eaux; "SR" = Le sujet de sensibilisation concerne des problèmes liés à la répartition de l'eau; "SF" = Le sujet de sensibilisation concerne des données fonctionnelles; "NI" = Non intéressé par les sciences de l'eau; "IV" = intéressé par les sciences de l'eau car l'eau est une source de vie; "IP" = intéressé par les sciences de l'eau car l'eau est une source de problèmes; "IC" = intéressé par les sciences de l'eau car l'eau est une source de connaissance; "IA" = intéressé par les sciences de l'eau car l'eau est une source d'argent.

	axe1	axe2	axe3	axe4
% de la var. expliquée par les axes	39	32	9	7

**Tableau 26 :** Tableau présentant le pourcentage de la variance totale expliqué par chaque axe.

	axe1	axe2	axe3	axe4
G1 (% var. expliquée)	66	1	5	1
G2 (% var. expliquée)	38	29	4	4
G3 (% var. expliquée)	29	53	13	0
G4 (% var. expliquée)	6	75	17	1
G5 (% var. expliquée)	0	4	10	81
G6 (% var. expliquée)	5	28	0	6
G7 (% var. expliquée)	62	13	2	0
G8 (% var. expliquée)	42	32	16	4
G9 (% var. expliquée)	55	2	1	0
G10 (% var. expliquée)	86	0	0	5

**Tableau 27 :** Tableau présentant les pourcentages de la variance des différents groupes qui sont expliqués par chaque axe. Les valeurs grisées correspondent à celles qui sont les plus importantes pour chaque groupe.

	axe1	axe2	axe3	axe4
E (% var. expliquée)	8	32	1	3
NE (% var. expliquée)	33	36	0	0
OS (% var. expliquée)	9	0	4	2
NU (% var. expliquée)	30	55	0	1
U (% var. expliquée)	13	78	0	5
ES (% var. expliquée)	26	2	4	15
MJ (% var. expliquée)	26	62	2	4
J (% var. expliquée)	16	71	2	0
NS (% var. expliquée)	50	38	0	2
VF (% var. expliquée)	38	1	8	1
VE1 (% var. expliquée)	8	16	7	12
VE2 (% var. expliquée)	6	50	11	3
VE3 (% var. expliquée)	14	4	20	18
VM (% var. expliquée)	2	40	0	1
VA (% var. expliquée)	1	35	34	8
SP (% var. expliquée)	2	14	7	10
SL (% var. expliquée)	36	9	11	25
SR (% var. expliquée)	10	1	29	49
SF (% var. expliquée)	28	0	56	4
NI (% var. expliquée)	62	34	0	1
IV (% var. expliquée)	17	16	9	39
IP (% var. expliquée)	1	43	11	0
IC (% var. expliquée)	0	22	36	9
IA (% var. expliquée)	34	23	4	4

**Tableau 28 :** Tableau présentant les pourcentages de la variance des différents états du profil qui sont expliqués par chaque axe. Les valeurs grisées correspondent à celles qui sont les plus importantes pour chaque état du profil.

- Tableau 27, 28 et figure 13 :

La *figure 13* présente les résultats obtenus en projetant nos données sur le premier plan factoriel, de telle façon que les groupes ne soient pas "les uns sur les autres".<sup>1</sup>

Les "états" du profil "OS", "NS" et "NI" sont expliqués au moins à 50% par l'axe 1. Ils le caractérisent donc.

"NS" (non sensibilisé aux sciences de l'eau) et "NI" (non intéressé par les sciences de l'eau), que l'on trouve à gauche dans la *figure 13*, sont proches et tous deux opposés à "OS" (cours ayant trait aux sciences de l'eau en supérieur) qui est placé à droite.

L'axe 1 pourrait donc correspondre à un gradient de sensibilité pour les sciences de l'eau, que ce soit grâce à un cours spécifique ou grâce à un intérêt personnel pour ce domaine. Ce gradient est orienté de gauche vers la droite, du plus faible au plus fort.

Les "états" du profil "E", "NE", "NU", "U", "MJ", "J" et "VE2" sont expliqués au moins à 50% par l'axe 2. Ils le caractérisent donc.

"MJ" (né avant 1965), "NU" (non universitaire) et "NE" (non étudiant), que l'on trouve dans le haut de la *figure 13*, sont proches et tous trois opposés à "J" (né après 1965), "U"(universitaire), et "E"(étudiant), que l'on trouve plus bas.

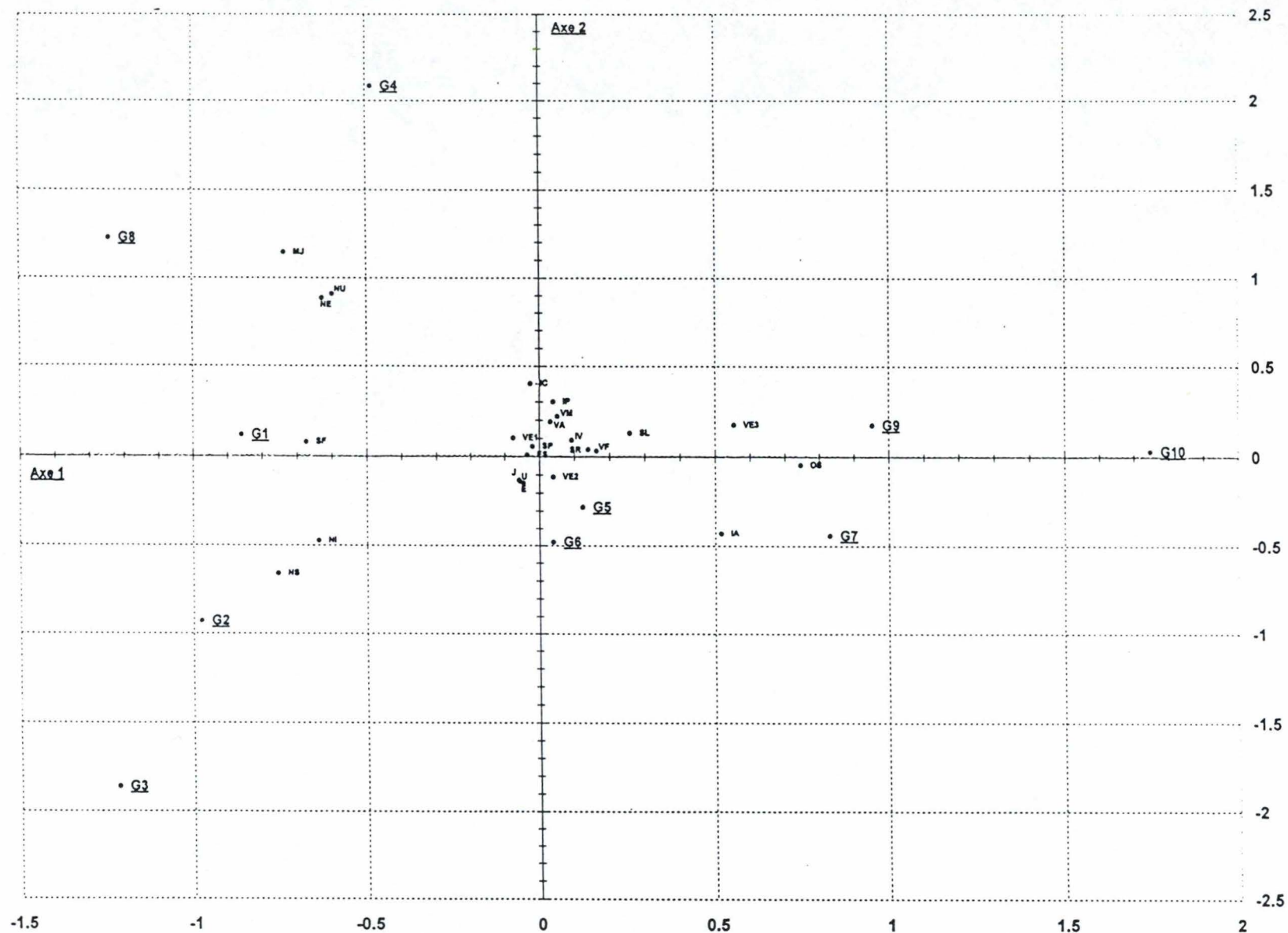
L'axe 2 pourrait donc correspondre à un gradient d'âge (artificiellement lié au fait d'être universitaire en raison de notre échantillonnage). Ce dernier est orienté du bas vers le haut, du plus jeune au plus âgé.

Les groupes 1, 7, 9 et 10 sont bien expliqués par l'axe 1 et présentés dans cet ordre graphiquement, de gauche à droite. Les groupes 3 et 4 sont liés le plus fortement à l'axe 2 et présentés dans cet ordre graphiquement de bas en haut. Les groupes 2 et 8 sont liés de façon

---

<sup>1</sup>Dans ce schéma les points qui sont proches ne le sont pas forcément réellement puisqu'il s'agit de projections. Pour savoir comment les groupes et les éléments de profils s'agencent on procède comme suit :

- Comparaison de 2 groupes :  
On regarde, dans le *tableau 27*, à quel axe ils sont le plus fortement liés. Si deux groupes sont liés au même axe et qu'ils sont graphiquement proches on peut en déduire qu'ils le sont probablement réellement. Par contre s'ils sont proches graphiquement mais qu'ils sont liés à des axes différents cela signifie qu'ils ne sont proches qu'à cause de la projection et qu'ils ne le sont donc pas réellement.
- Comparaison de 2 éléments du profil :  
La même méthode que pour les groupes est utilisée, en se référant au *tableau 28*.
- Etablissement du lien entre un élément du profil et un groupe :  
Plutôt que d'essayer de lier un groupe directement avec un élément de profil on tente d'abord d'interpréter la signification propre des axes de projection grâce à l'agencement graphique global des éléments du profil qui y sont liés. Ensuite, on s'efforce à comprendre la répartition des groupes par rapport aux axes que l'on a caractérisés à l'aide des éléments du profil.



**Figure 13 :** Cette figure présente une projection du nuage de point initial (coordonnées des groupes et des états du profil) à n dimensions, sur le premier plan factoriel (axe1-2) de l'AFC qui a été réalisée.

Signification des variables :

"E" = Etudiant; "NE" = Non étudiant; "OS" = Cours ayant trait aux sciences de l'eau en supérieur; "NU" = Non Universitaire; "U" = Universitaire ou assimilé; "ES" = Etudes secondaires en Belgique; "MJ" = Moins Jeune (Né avant 1965); "J" = Jeune (Né après 1965); "NS" = Non sensibilisé; "VF" = Sensibilisation par la famille; "VE1" = Sensibilisation par l'école primaire; "VE2" = Sensibilisation par l'école secondaire; "VE3" = Sensibilisation par l'école supérieure; "VM" = Sensibilisation par les médias; "VA" = Sensibilisation par une participation personnelle active; "SP" = Le sujet de sensibilisation est la pollution des eaux; "SL" = Le sujet de sensibilisation concerne des problèmes liés à la pollution des eaux; "SR" = Le sujet de sensibilisation concerne des problèmes liés à la répartition de l'eau; "SF" = Le sujet de sensibilisation concerne des données fonctionnelles; "NI" = Non intéressé par les sciences de l'eau; "TV" = intéressé par les sciences de l'eau car l'eau est une source de vie; "IP" = intéressé par les sciences de l'eau car l'eau est une source de problèmes; "IC" = intéressé par les sciences de l'eau car l'eau est une source de connaissance; "IA" = intéressé par les sciences de l'eau car l'eau est une source d'argent.

égale à l'axe 1 et 2. Les groupes 5 et 6 ne sont pas bien représentés à l'aide du premier plan factoriel.

L'axe 2 a peu d'intérêt dans la perspective de notre travail et est simplement dû à notre échantillonnage.

L'axe 1, caractéristique des groupes 1, 7, 9 et 10 est plus intéressant même s'il nous donne des informations qui sont relativement triviales. Ainsi si l'on retranscrit dans le tableau ci-dessous nos résultats, on obtient :

	G1 (53 ind.)	G7 (13 ind.)	G9 (20 ind.)	G10 (6 ind.)	Min tous groupes confondus	Max
<b>Part du groupe ayant eu un cours ayant trait aux sciences de l'eau en supérieur (OS).</b>	2%	54%	65%	100%	0%	100%
<b>Part du groupe qui n'a pas été sensibilisée aux problèmes liés à l'eau (NS)</b>	8%	8%	0%	0%	0%	33%
<b>Part du groupe qui n'est pas intéressée par les sciences de l'eau (NI).</b>	43%	15%	5%	0%	0%	67%
<b>Type de représentation du groupe</b>	Aucune représentation	Système caractérisé par une description assez précise d'une biocénose vivant dans un biotope lacustre, dont elle est tributaire et incluant une cuvette lacustre (dont certaines caractéristiques dépendent de facteurs abiotiques et biotiques) ainsi que des berges étendues. Cet ensemble est employé ou détruit par l'homme qui a donc un rôle à jouer dans la caractérisation de ce type d'écosystème.	Système caractérisé par une description précise d'une biocénose vivant dans un biotope lacustre, dont elle est tributaire et incluant une cuvette lacustre (dont certaines caractéristiques dépendent de facteurs abiotiques et biotiques) ainsi que des berges étendues.	Système caractérisé par description précise d'une biocénose vivant dans un biotope lacustre, dont elle est tributaire et incluant une cuvette lacustre (dont certaines caractéristiques dépendent de facteurs abiotiques et biotiques) ainsi que des berges étendues. Cet ensemble est susceptible de connaître des modifications cycliques.		

On voit que les répondants qui ont suivi un cours spécifique sur les écosystèmes lacustres ont une représentation plus riche que celle que l'on peut trouver chez les autres.

De plus, on peut aussi dire que ceux qui sont intéressés par les sciences de l'eau ont une représentation plus riche que celle qu'on trouve chez les autres répondants.

Les variables VE3, VF, SL et IA sont plutôt liées à l'axe 1. Plaçons ces variables dans un tableau similaire à celui qui nous avons réalisé à la page précédente :

	G1 (53 ind.)	G7 (13 ind.)	G9 (20 ind.)	G10 (6 ind.)	Min tous groupes confondus	Max
Pourcentage des membres du groupe qui ont été sensibilisés en famille (VF)	28%	46%	45%	50%	11%	50%
Pourcentage des membres du groupe dont le sujet de sensibilisation concerne des problèmes liés à la pollution des eaux (SL)	38%	46%	50%	67%	8%	70%
Pourcentage des membres du groupe dont l'intérêt pour les sciences de l'eau est en rapport avec la valeur financière de cette dernière (IA)	2%	8%	10%	17%	0%	17%
Pourcentage des membres du groupe qui ont été sensibilisés en supérieur (VE3)	8%	31%	15%	67%	0%	67%

On peut noter que le dialogue en famille, entre parents et enfants notamment, sur des sujets relatifs à l'eau est plus important chez les personnes qui ont une représentation riche de l'écosystème lacustre que chez les autres.

Les sujets de sensibilisation qui concernent les conséquences de la pollution et non la pollution elle-même sont légèrement plus importants chez les personnes qui ont une représentation riche de l'écosystème lacustre.

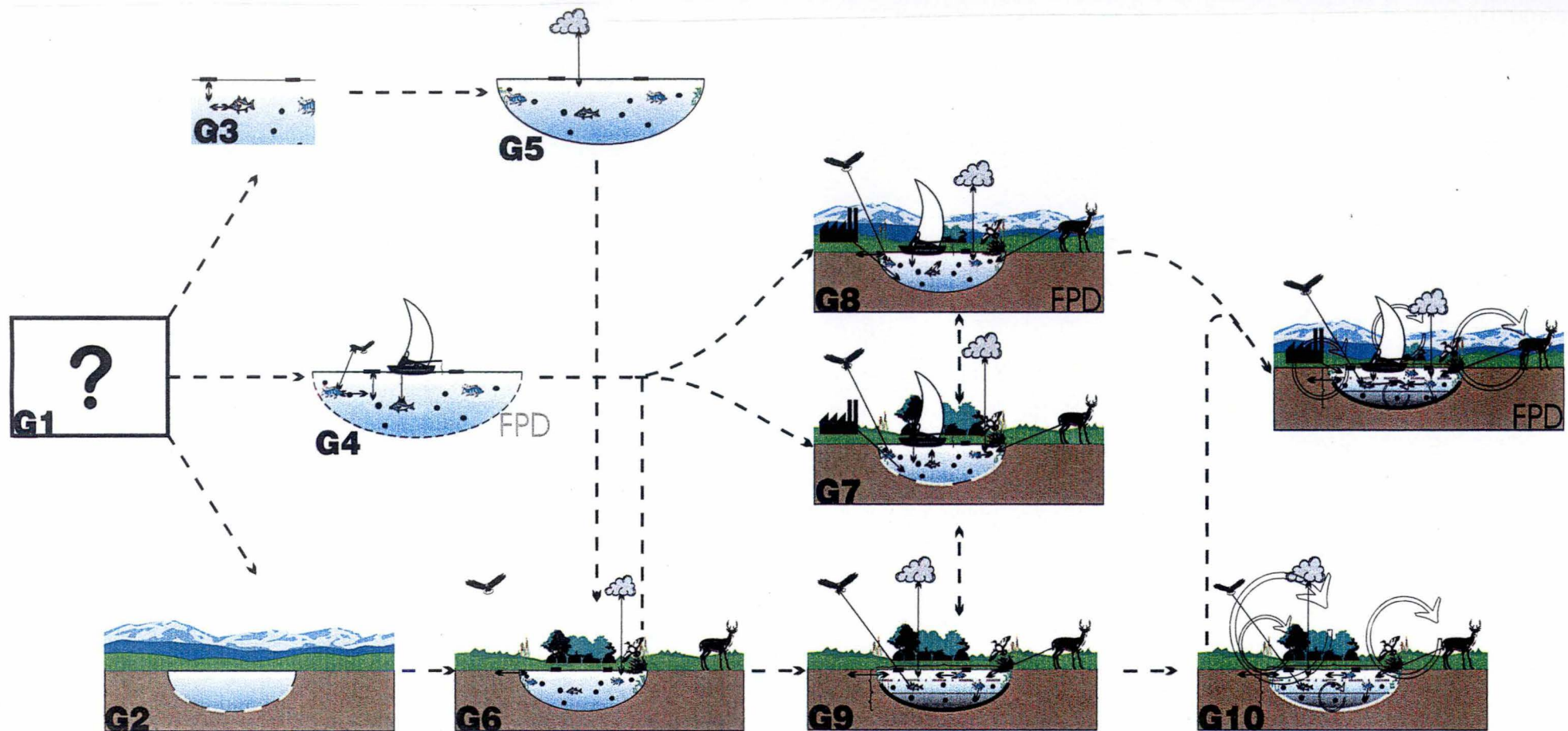
Le fait de donner une valeur économique à l'eau est plus important chez les répondants qui ont une représentation riche de l'écosystème lacustre que chez les autres.

On voit, par comparaison avec le tableau de la page précédente, que les personnes qui disent avoir été sensibilisées en supérieur sont en général beaucoup moins nombreuses que celles qui ont reçu un cours ayant trait aux sciences de l'eau en supérieur.

### 3.3.2.2. Synthèse :

Les valeurs qu'obtiennent les différents groupes pour les différents "états" (éducation, âge, centres d'intérêts, etc.) du profil étant peu différenciés, il est difficile de mettre en évidence des "états" pouvant nous aider à comprendre pourquoi une représentation est plus riche qu'une autre. De plus, les groupes étant parfois petits, ils sont sujets à une forte variabilité.

Tout juste peut-on dire, dans l'étude qui a été menée, que la sensibilité pour les sciences de l'eau semble être un facteur favorisant une augmentation de la finesse de la perception de l'écosystème lacustre.



- Usage intempestif de vocabulaire scientifique  
 - Focalisation  
 - Concepts de base non acquis

<=> Information (selon le type et l'usage) =>  
 <=> Niveau de formulation (selon l'adaptation) =>  
 <=> Médias (selon l'usage) =>  
 <=> Cours (selon le type et l'usage) =>  
 <=> Sujets de sensibilisation (selon le type et l'usage) =>

- Intérêt du concept  
 - Cycle de l'eau  
 - Environnement familial

**Figure 14 :** Des liens entre les 9 représentations types de l'écosystème lacustre peuvent être imaginés, comme il est figuré ici. L'utilisation de ces liens peut avoir un rôle pédagogique. Ainsi un répondant du groupe 6 associé à un autre du groupe 4 peuvent ensemble confronter leurs représentations respectives et les faire évoluer vers une autre plus complexe (celle du groupe 7 ou 8 par exemple). De plus, sur cette figure on peut indiquer certains facteurs hypothétiques (seuls quelques exemples ont été indiqués ici) favorisant (à droite dans la flèche à double sens) ou empêchant (à gauche dans la flèche à double sens) le passage d'une représentation simple vers une autre plus complexe, ce qui peut aussi être utilisé dans un objectif de transmission des connaissances.

Cette sensibilité dépend notamment :

- 1) Du type d'études réalisées (scientifiques ou non), de sa longueur (école primaire, école secondaire inférieure ou supérieure, école supérieure de type court ou long) et du type de cours reçus (initiation à la limnologie ou non).
- 2) De la force de l'intérêt personnel pour les sciences de l'eau.
- 3) De l'intérêt de l'environnement familial pour ce type de sujet, surtout chez les personnes jeunes.

### 3.4. Conclusion :

Le traitement des données récoltées nous a permis de mettre en évidence 10 représentations de l'écosystème lacustre. Ces dernières montrent une évolution de la finesse de perception de ce type de système. On peut donc les agencer de façon à montrer cette progression<sup>1</sup>. On remarque qu'il n'y a pas une évolution linéaire des représentations. On passe directement d'une représentation inexistante (celle de G1) pour aller vers une autre qui est focalisée soit sur le biotope (celle de G2 qui exprime les 3 dimensions de l'espace) soit sur la biocénose (celle de G3 qui exprime 2 dimensions de l'espace) soit sur l'homme (celle de G4 qui exprime 2 dimensions de l'espace). De ces trois branches découlent d'autres représentations qui sont plus complètes et qui peuvent être combinées pour atteindre un degré de précision plus élevé.

Des liens entre les représentations peuvent donc être imaginés et des facteurs hypothétiques permettant de passer de l'une à l'autre peuvent être indiqués. (*voir figure 14*)

Ainsi, par l'analyse de nos résultats on a pu émettre l'hypothèse qu'il est utile de bien faire percevoir l'intérêt d'un concept à une personne avant même d'essayer de le lui transmettre si l'on veut qu'il y ait une vraie modification de son réseau conceptuel préexistant.

La sensibilisation peut éveiller l'intérêt du citoyen et donc le rendre plus réceptif à toute information susceptible de l'aider à comprendre ce qui se passe et ce qu'il doit ou peut faire. Elle semble préférentiellement être réalisée par les cours<sup>2</sup> et l'environnement familial chez les

---

<sup>1</sup> Voir *figure 12*.

<sup>2</sup> Les cours reçus en secondaire semblent surtout avoir cette fonction de sensibilisation des étudiants, sans que cela ne leur donne forcément les moyens d'étoffer ou de réaménager leur réseau conceptuel. Les cours spécialisés, où les aspects descriptifs et plus encore fonctionnels sont mis fortement en exergue, paraissent donner les moyens aux étudiants déjà sensibilisés d'étoffer ou de réaménager leur réseau conceptuel, les autres étudiants ne percevant pas forcément l'intérêt du déploiement d'un tel "arsenal".

étudiants alors qu'elle paraît se faire majoritairement par les médias (journal télévisé, émission spécifique, hebdomadaires, etc.) pour les autres.

Dans le cadre de notre travail sur les écosystèmes lacustres on a pu noter que les sujets qui sensibilisent le plus le citoyen, bien plus que des questions concernant des connaissances descriptives et fonctionnelles, sont ceux qui sont susceptibles de le toucher directement et qui sont liés à des éléments qui peuvent lui porter un préjudice quelconque (pénurie de l'eau, pollution, etc.).

La sensibilisation ne doit rester qu'un moyen d'éveiller l'intérêt et non devenir une fin en soi comme cela peut parfois être le cas. Ne pas aller plus loin n'a pas de sens, du moins pour le citoyen. Cela correspond à le mettre "au pied du mur" sans aucun moyen de s'en sortir si ce n'est en faisant aveuglément confiance aux décideurs et aux spécialistes qui les conseillent.

Il faut donc lui offrir, une fois son intérêt éveillé, une information adaptée, rigoureuse, choisie pour atteindre un objectif précis, et qui lui donne les moyens d'agir face à un problème révélé.

Si la quantité d'information qui est à la disposition du citoyen ne semble pas devoir être remise en cause, cette dernière n'est pas forcément appropriée, stricte et utilisée à bon escient, ce qui peut avoir une incidence sur la qualité des représentations de l'écosystème lacustre. Par exemple, vouloir expliquer le fonctionnement d'un écosystème lacustre à une personne qui fait au départ la distinction entre vivant et flore peut-être relativement vain. De même, les limites d'une notion peuvent avoir été mal perçues et donc fixées de manière impropre comme c'est probablement le cas lorsqu'un répondant donne une définition de la biologie ou de l'écologie quand on lui demande celle de l'écosystème ou quand une personne décrit une cité lacustre en lieu et place d'un écosystème lacustre.

Des données adaptées et rigoureuses sont donc celles dont le niveau de formulation est en rapport avec les connaissances antérieures des personnes, pour toutes les notions qui sous-tendent le concept que l'on veut faire connaître, et dont les limites définitionnelles sont précises et non équivoques.

D'autre part, il paraît bon de revenir au général lorsque l'on fait une incursion dans le particulier. Ainsi, une caractérisation importante du lac et de ses fonctions a peut-être pu finir par masquer la caractérisation et les fonctions du bassin versant chez certains répondants. De même, lorsqu'un répondant dessine seulement une chaîne trophique détaillée lorsqu'on lui demande de décrire tout ce qui permet de caractériser un écosystème lacustre, cela signifie probablement qu'il s'est focalisé sur cette dernière.

Certains éléments sont utiles à pointer dans le cadre d'une transmission d'un savoir. Citons le fait que la représentation du cycle de l'eau semble favoriser celle du bassin versant,

qu'un rapport entre la notion de temps évolutif et l'idée de transformation de l'écosystème pourrait exister, que l'homme devrait, dans une perspective de gestion durable, toujours être associé à l'écosystème lacustre et à son fonctionnement et ce de façon aussi bien "négative" que "positive".

Une sensibilisation correcte associée à une information rigoureusement construite devrait permettre d'augmenter la sensibilité (qui a été définie antérieurement) du citoyen, qui semble être liée à une représentation plus fine de l'écosystème lacustre.

## 4<sup>ème</sup> Partie : Conclusions et perspectives

*"Pendant des siècles, de trop nombreux chrétiens se sont satisfaits de la présomption que l'amour de Dieu leur était exclusivement destiné, et que l'ordre divin avait été créé à la seule fin d'être utilisé, à bon ou à mauvais escient, par l'humanité. Aujourd'hui, cette attitude anthropocentrique envers la planète fragile et épuisée qui est la notre nous apparaît enfin comme égoïste et bornée, irresponsable et potentiellement destructrice. C'est pourquoi tous les hommes, et particulièrement les chrétiens, doivent être vigilants et tolérants. Nous devons nous rendre compte que la seule façon de préserver la valeur et la richesse de l'humain consiste à réaffirmer la richesse du non-humain — c'est à dire de toute chose. En effet, le Dieu des chrétiens n'est pas conciliable avec l'idée d'une création de pacotille, d'un univers limité et superflu. L'univers créé par ce Dieu est l'œuvre d'un amour irremplaçable et sans cesse renouvelé, et rien de ce qui a été façonné par l'amour ne peut être considéré comme gratuit ou secondaire." (115, p.179)*

L'objectif de ce travail était d'illustrer l'intérêt d'une approche interdisciplinaire impliquant les sciences humaines et exactes.

Dans ce cadre on a tenté de montrer que, dans une perspective de gestion durable des écosystèmes lacustres, les "actes techniques" effectués sur un plan d'eau et son environnement peuvent être utilement complétés par d'autres au niveau de l'homme.

Sachant que les attitudes influencent le comportement humain et que ces dernières dépendent notamment des composantes affectives et cognitives de la personne, on a suggéré qu'un citoyen sensibilisé aux sciences de l'eau et informé au mieux sur le fonctionnement des écosystèmes lacustres, peut se sentir activement impliqué dans la gestion durable de ces derniers. Il devrait donc être capable de dialoguer et d'agir en collaboration avec les spécialistes et les décideurs, ce qui pourrait avoir une incidence directe sur les moyens mis en œuvre pour réaliser une utilisation raisonnée de ces ressources aquatiques et un impact indirect sur l'état de ces dernières. (30)

Ainsi, on a voulu voir, dans le cadre d'une éducation "sur l'environnement", si des outils générés à l'aide de théories didactiques ne peuvent pas aider le citoyen à acquérir les instruments nécessaires pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes lacustres, et donc l'intérêt et les façons de les préserver pour les générations futures.

On a alors développé un outil didactique<sup>1</sup>, servant de cadre de référence, à l'aide duquel on peut mettre en évidence les représentations de l'écosystème lacustre existant dans un groupe d'individus premièrement, en évaluer la pertinence deuxièmement et en pointer les faiblesses troisièmement. Cela permet de voir ce qu'il est possible de réaliser pour les faire progresser tout en tenant compte des préconceptions particulières à chacun. La progression espérée pouvant viser des objectifs divers, notre outil se doit d'être adaptable. En effet, un modèle n'a pas de valeur en soi, il n'existe qu'en fonction du but qu'il est censé servir. Dans le cas de notre travail, certains attributs de l'écosystème lacustre sont peut-être plus à même d'aider une personne à comprendre la nécessité de la gestion durable et il n'est donc pas nécessaire que l'ensemble de ces derniers soient présents. Parmi ces attributs utiles, citons le sédiment, le bassin versant, le temps, les ressources épuisables et les fonctions propres du système dont certaines sont essentielles pour l'homme. De la même façon, on aurait pu utiliser cet outil en visant d'autres objectifs (compréhension du rôle du choix des échelles dans la perception du fonctionnement des écosystèmes lacustres, par exemple).

Nos résultats sont relatifs et incomplets à cause de la ponctualité de l'interrogation par questionnaire d'une part, du manque d'adaptation de celui-ci à l'outil d'évaluation des représentations de l'écosystème lacustre d'autre part (seuls 7 attributs sur les 15 utilisables ont pu être évalués) et en raison du type d'échantillonnage (grande majorité d'étudiants). Il serait donc nécessaire de refaire ce travail en tenant compte de ces observations pour obtenir des résultats plus satisfaisants.

Néanmoins, on a pu typer quelques représentations synthétiques de celles qu'on trouve chez les répondants et les agencer selon un gradient de complexité dans un schéma récapitulatif<sup>2</sup>. On a ensuite associé à celui-ci, dans une perspective de transmission des connaissances, quelques facteurs (sensibilité du répondant, usage intempestif de vocabulaire par les fournisseurs d'information, erreurs d'ordre sémantique chez le répondant, évolution des concepts de base du répondant, limites des notions employées, etc.) susceptibles d'avoir une incidence sur les progressions possibles des représentations, sans pour autant lier chacun d'entre eux à une évolution particulière. D'autres facteurs ont été pointés dans le cadre théorique et peuvent aussi être utiles à signaler même si nous ne les avons pas retrouvés dans les résultats (ambiguïté de certains outils utilisés par les scientifiques; problèmes de traduction et de version; formation des étudiants dans laquelle, par exemple, le recours à un savoir

---

<sup>1</sup> Voir tableau 3, p. 72.

<sup>2</sup> Voir figure 12, p. 124.

critique est trop faible; manque de liens entre programme académique, recherche, protection, gestion et restauration des écosystèmes aquatiques; etc.).

A partir du schéma récapitulatif, on a pu voir que certains éléments relativement utiles pour une compréhension globale du fonctionnement du système aquatique étudié semblent être insuffisamment présents comme c'est le cas du bassin versant, de l'homme et surtout du temps. On peut essayer de trouver des moyens permettant de favoriser leur usage.

Ainsi, comme on a remarqué que la notion de bassin versant semble apparaître spontanément lorsqu'une personne fait référence aux grands cycles biogéochimiques ou tout du moins à celui de l'eau, on peut supposer que son enseignement faciliterait la prise de conscience du rôle du bassin versant dans le fonctionnement de l'écosystème lacustre.

L'homme, pour sa part, est peu présent et s'il l'est, c'est toujours associé à des aspects plutôt néfastes au système (pollutions de tous types le plus souvent). Ce sont donc ces derniers qui semblent favoriser la prise en compte de l'être humain. Néanmoins, il serait peut-être bon que l'homme soit aussi associé à des aspects positifs (restauration ou protection du système, notamment), et qu'il soit réellement considéré comme un élément qui agit dans le système et non simplement sur celui-ci.

La notion de temps, qui n'est que très peu présente parmi les représentations analysées, ne l'est que par référence à des modifications cycliques. Cela ne peut probablement pas être imputé à la difficulté de la représenter puisque, dans bien des cas, le répondant associait du texte à son dessin pour donner des informations qu'il lui était difficile de figurer. Deux hypothèses sont formulables : soit les personnes pensent à l'idée du temps, mais ne le considèrent pas comme utile pour décrire le fonctionnement d'un système, soit elles n'ont pas conscience de l'évolution temporelle (si ce n'est de façon cyclique, ce qui revient à une forme d'immuabilité) du système. La notion de temps est complexe et malaisée à identifier comme à transmettre. Certains raisonnements nécessitant le recours au temps requièrent un degré de maturité avancé. Ainsi, une réflexion impliquant 3 variables liées au temps (rapport entre la vitesse, durée et la distance, par exemple) n'est possible que vers l'âge de 16 ans lorsqu'elle s'appuie uniquement sur des données non visuelles. (116)

*Or, "connaître le temps ne sert pas seulement à dater les évènements ou à en estimer la durée. Cela permet de mieux comprendre les choses, lorsqu'on les insère dans la dimension temporelle, plutôt que de les considérer seulement telles qu'elles se présentent ici et maintenant. C'est ce qu'en science on nomme la perspective diachronique. Elle consiste à se poser la question de l'origine des phénomènes étudiés et de leur évolution au cours du temps.*

*Chez l'enfant et l'adulte, cette perspective diachronique se traduit par la propension à se dégager du présent pour évoquer les états passés ou futurs d'une situation et une manière plus ou moins pertinente de concevoir les changements au cours du temps."*(116, p. 90)

Comme cela a été illustré dans le cadre théorique, cette notion de temps est donc essentielle pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes et, de façon plus large, tout processus qui implique une non-immuabilité. Dans les représentations que l'on a analysées, on a pu remarquer que la dimension du temps n'est présente qu'une fois que toutes les autres ont été décrites, ce qui est aussi le cas dans le modèle épistémologique<sup>1</sup> défini dans la première partie de ce travail. Lors de la mise en place de ce modèle, on a indiqué que l'intégration de la variable "temps" s'est révélée nécessaire lorsqu'on a voulu réaliser une gestion des ressources aquatiques qui souffraient de l'influence négative des activités de l'homme. On a aussi observé que l'étude du sédiment par les paléolimnologistes et l'utilisation de modèles mathématiques permettent de mettre concrètement en évidence le rôle du temps. Insister sur la modification du fonctionnement de l'écosystème par l'action de l'homme, la sédimentation et ses effets ainsi que la présentation de modèles mathématiques de l'écosystème pourrait donc améliorer la prise en compte du temps. De plus, dans le cadre théorique, on avait noté que la définition théorique de l'écosystème que l'on peut retrouver dans la littérature ne fait pas intervenir le temps alors qu'il y est majoritairement considéré comme essentiel pour définir tout système. L'usage explicite du paramètre temporel dans la définition de l'écosystème pourrait assurer une meilleure compréhension du fonctionnement de celui-ci. On peut ainsi proposer l'intégration d'un temps spiralé qui tient compte à la fois de l'évolution cyclique et linéaire du système, sans qu'il y ait d'opposition entre les deux.

Le schéma synthétique rassemblant les "représentations types" que l'on a trouvées chez les répondants peut avoir une utilité pédagogique propre. Il permet de visualiser l'agencement des représentations d'un groupe en fonction de leurs complexités, une fois que ces dernières ont été identifiées à l'aide du modèle didactique. Ensuite, il est possible, grâce à son apport, de confronter les étudiants dont les représentations se complètent. Ceux-ci vont pouvoir, de cette façon, les faire évoluer durablement par un acte dynamique (et non passif comme c'est souvent le cas lors d'une transmission d'un professeur à un élève) et positif (chaque partie progresse en se servant de l'expérience de l'autre et les avis de chacun sont donc dignes d'intérêt).

---

<sup>1</sup> Voir figure 18, p. 75.

Etant donné que le projet de développement durable<sup>1</sup>, "*devrait être élaboré avec la participation la plus large possible*" (117, p.4) et ne peut "*réussir que si la population s'y trouve activement impliquée*" (117, p.8), on peut dire que le travail que l'on a réalisé s'inscrit dans cette perspective.

Ainsi, parmi les principes de base du Plan Fédéral de développement durable 2000-2004, on trouve le "*principe de participation et exigence de bonne gouvernance*" (117, p.7) dans lequel il est dit que "*la meilleure façon de traiter les questions d'environnement est d'assurer la participation de tous les citoyens*" (117, p.8), que "*les Etats doivent faciliter et encourager la sensibilisation et la participation du public en mettant les informations à disposition de celui-ci*" (117, p.8) et que "*le choix de normes elles-mêmes ou des finalités du développement ne peut en aucun cas être une activité purement technique ou scientifique. Comme toutes les questions liées aux choix de société, il doit être accessible au citoyen ou aux groupes sociaux qui le représentent. La bonne application d'un tel principe suppose un accès aux informations ainsi que des efforts de sensibilisation et d'éducation sur les enjeux de développement durable.*" (117, p.8)

D'autre part, il est notifié dans le Plan Fédéral que "*les connaissances scientifiques ne doivent pas seulement être intégrées à la politique. Le citoyen doit également pouvoir en prendre connaissance. Chaque citoyen doit être à même de s'approprier des instruments de connaissances qui lui permettent d'opérer des choix en connaissance de cause. La recherche doit contribuer à la sensibilisation de l'opinion publique et au débat de société qui doit nécessairement être mené. Cela exige un dialogue actif entre les scientifiques et la population.*" (117, p.94)

Ainsi, "*dans le cadre de la formation scientifique, la spécialisation doit s'accompagner de formations transdisciplinaires axées sur la communication entre les différentes disciplines*" (117 p.95) et "*il convient de favoriser, voire d'encourager de manière structurelle, à tous les niveaux de formation, la participation active des scientifiques aux débats sociaux, et ce même en dehors de leur sphère de recherche propre.*" (117 p.95)

Enfin, il est dit que "*les sciences humaines (philosophie, linguistique, ethnologie, écologie humaine, histoire, sociologie, politologie, psychologie, économie, droit...) qui ont pour objet l'homme dans ses différentes dimensions*" (117 p.120) et "*les autres sciences (biologie, géologie, agronomie, physique, chimie, statistique, mathématiques...)*" (117 p.120) "sont

---

<sup>1</sup> Le but du développement durable est d'assurer "un progrès économique équitable sur le plan social, tout en préservant la base de ressources et l'environnement pour les générations futures"(117, p.4). Cette perspective renforce "des positions politiques favorables à une satisfaction équitable des besoins fondamentaux de l'humanité et à une meilleure gestion des écosystèmes dont dépend son avenir"(117, p.5)

*aussi indispensables les unes que les autres à la découverte des voies les plus réalistes vers un développement durable." (117 p.120)*

Nous espérons que nous avons réussi à illustrer l'intérêt de la collaboration entre les sciences humaines et les sciences exactes qui est à notre sens, encore trop peu souvent réalisée.

Nous pensons que notre travail pourrait assez facilement s'appliquer à tous les types d'écosystèmes, et que son principe pourrait être associé de façon générale à toute matière impliquant science et citoyen.

Enfin, et nous terminerons par là, l'expression "gestion durable des écosystèmes", qui est usitée le plus généralement n'a pas notre préférence puisqu'elle donne l'impression que l'Homme est tout puissant et que la Nature ne se maintient que grâce à la volonté de ce dernier. Nous adopterions plus facilement une phrase du type "gestion durable de l'espèce humaine" dans laquelle c'est l'Homme qui, par une modification de son comportement, peut espérer subsister durablement dans la Nature. En effet, comme Reed Noss, nous pensons que *"notre désir de tout gérer est d'une incroyable arrogance"* et que, *"dans beaucoup de cas, ce qui doit être géré, ce n'est pas la nature mais plutôt notre propre comportement de consommation, de manipulation et de destruction."* (118)

## Bibliographie :

1. Mayor, F., *Sciences, Sciences et Société : Quel bilan pour la science ?* Universalis version 6, 2000.
2. Papon, P., *Recherche scientifique*. Universalis version 6, 2000.
3. Ewald, F., *Risques technologiques. Précaution, incertitude et responsabilité*. Universalis version 6. 2000.
4. Reynaud, C. et D. Favre, *Contribution didactique à la modélisation du concept de milieu paralique et application à l'étude des conceptions des élus locaux*. Journal de la Recherche Océanographique, . 21(1-2): p. 65-74.
5. Reynaud, C. et D. Favre, *Evaluation d'un dispositif didactique utilisant une approche conceptuelle en écologie, l'apprentissage par résolution de problèmes et le débat socio-cognitif à l'université*. Didaskalia, 14: p. 161-145
6. Ladrière, J., *Concept*. Universalis version 5, 1999.
7. Astolfi, J., *Didactique et pédagogie*. Educations, 1996. Janv-Fev: p. 17-38.
8. Lacombe, D., *Didactique*. Universalis version 5, 1999.
9. Astolfi, J.-P. et M. Delevay, *La Didactique des Sciences*, ed. Que sais-je ? Vol. 2448. 1989, Paris: Presses Universitaires de France.
10. *Les mots du savoir*. Sciences Humaines (Hors série), 1999. 24: p. 30-31.
11. Troadec, B., *Psychologie du développement cognitif*, ed. A. Colin. 1998, Paris.
12. Giordan, A., A. Henriques, and V. Bang, *Psychologie génétique et didactique des sciences*, ed. P.L. Edition, Berne.
13. Gréco, P., *Piaget*. Universalis version 5, 1999.
14. Gréco, P., *Psychologie*. Universalis version 6, 2000.
15. Drouin, J.-M., et al., *explorons l'écosystème*. Vol. 3. 1986, Paris: ASTER, recherche en didactique des sciences expérimentale.
16. Astolfi, J.-P., et al., *Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*. 1997, Bruxelles: De Boeck Université.
17. Vergnaud, G., *A quoi sert la didactique ?* Sciences Humaines (hors série), 1999. 24: p. 48-51.
18. Barreau, H., *Temps*. Universalis version 5, 1999.
19. Granger, G.G., *Epistémologie*. Universalis version 5, 1999.
20. Dussart, B., *Limnologie*. Universalis version 5, 1999.
21. Ramade, F., *Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau*, ed. E. international. 1998, Paris.
22. Edmondson, W.T., *What is limnology ?*, in *Limnology Now: A paradigm of planetary problems*, Elsevier, Editor. 1994: Amsterdam. p. 547-553.
23. Giordan, A. et G. de Vecchi, *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques.*, ed. D. Niestlé. 1987, Paris.
24. Mayor, F., *A qui profite la science ? La science : pourquoi et pour qui ?* UNESCO le Courier, 1999. Mai 1999: p. 9.
25. Clément, P., *Conceptions et connaissances. Représentations, conceptions, connaissances.*, ed. P.L. s.a. 1994, Berne.
26. Vranckx, A. et J. Danckaert, *L'objectivité de la science*. Objectif recherche, 1997. 21: p. 4-11.
27. *Le financement privé de la recherche mal encadré*. <http://www.Cyberciences.com/cyber/o.o/nouvB.asp?id=2100>, .
28. Waast, R. et S. Boukhari, *A qui profite la science ?* UNESCO le Courier, 1999. Mai 1999: p. 17-19.
29. Krishna, V.V., *A qui profite la science ? Pour une science citoyenne*. UNESCO le Courier, 1999. Mai 1999: p. 35-36.
30. Manzanal, R.F., L.M.R. Barreiro, and M.C. Jiménez, *Relationship between Ecology Fieldwork and Student Attitudes toward Environmental Protection*. Journal of Research in Science Teaching, 1999. 36(4): p. 431-453.
31. *Sondage de la Communauté française. L'environnement dans la tête, pas encore dans les actes*. Le soir, s.l.n.d., 2000.
32. Mouloud, N., *Modèle*. Universalis version 5, 1999.
33. Delattre, P. et M. Thellier, *Elaboration et justification des modèles. Applications en Biologie*, ed. m.s.a. éditeur. Vol. 1, Paris.
34. Legendre, R., *Dictionnaire actuel de l'éducation*, ed. E. Eska. 2000, Paris.
35. Clary, M., *Modèles à enseigner, modèles pour enseigner*. G.E.O., 1989. 25(1).
36. Demounem, R. et J.-P. Astolfi, *Didactique des sciences de la Vie et de la Terre*. 1996, Paris: éditions Nathan.
37. Drouin, *L'écologie et son histoire.*, ed. Flammarion. 1993, Paris.
38. Dussart, B., *Limnologie, l'étude des eaux continentales*, ed. Gauthier-Villars. 1966.
39. Frontier, S. et D. Pichot-Viale, *Ecosystèmes. Structure, Fonctionnement, Evolution*, ed. Dunod. 1998, Paris.

40. Minshall, G.W., *Bringing Biology Back into Water Assessments*, in *Freshwater Ecosystems*. 1996, National Academy Press: Washington, D.C. p. 289-325.
41. Grover Frey, D., *What is a lake?* Verh. Internat. Verein. Limnol., 1990. **24**: p. 1-5.
42. Britt-Mari, B., *L'apprentissage de l'abstraction*. Retz ed. 1987, Paris.
43. Robert, P., *Dictionnaire Le Robert : chaise*, ed. D. Inc. 1996, Montréal.
44. *La chaise*. Encyclopédie Encarta, 1998.
45. Ladrière, J., *Système (épistémologie)*. Universalis version 5, 1999.
46. de Rosnay, J., *Le Macroscopie. Vers une vision globale*, ed. E.d. seuil 1975.
47. de Ricqlès, A., *Structure et fonction*. Universalis version 5, 1999.
48. Rousselet, D., *Vers un développement des capacités transdisciplinaires liées au concept de système*, . 1986, Université de l'Etat de Mons. Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix.
49. Le Moigne, J., *Systèmes (sciences des)*. Universalis version 5, 1999.
50. von Bertalanffy, L., *Théorie générale des systèmes*, ed. DUNOD. 1973, Paris.
51. Duvigneaud, P., *La synthèse écologique*, ed. é. doin 1974, Paris.
52. Picard, J., *Réflexions sur les écosystèmes marins benthiques : hiérarchisation, dynamique spatio-temporelle*. Téthys, 1985. **11**(3-4): p. 230-242.
53. Lamotte, M., *Ecosystèmes*. Universalis version 5, 1999.
54. Campbell, *Biologie*. 1995, Quebec: De Boeck Université.
55. Fischesser, B. and M-F. Dupuid-Také, *Le guide illustré de l'écologie*, ed. Cemagref. 1996, Italie.
56. *Biodiversité. L'homme est-il l'ennemi des autres espèces ?* La Recherche, 2000. **233**(Juillet-Aout).
57. Leonard, J. and P. Crouzet, *Lakes and reservoirs in the EEA area*. 1999, Luxembourg: European Environment Agency.
58. *Biodiversité. La vie en partage*. Le courrier de l'UNESCO, 2000. **Mai 2000**: p. 17-37.
59. Frontier, S., *Les écosystèmes*, ed. Que sais-je ? Vol. **3483**. 1999, Vandôme: Presses Universitaires de France.
60. *Ecosystème*. <http://www.Webencyclo.com>
61. Zecchini, A. et J. Marechal, *Soulager la planète. Périls sur l'écosystème*. Manière de voir, le monde diplomatique, 2000. **50**(Mars-Avril): p. 81-90.
62. Beautier, F., et al., *Larousse de l'étudiant*, ed. Larousse. 1992, Paris.
63. Lamotte, M., *Ecologie*. Universalis version 5, 1999.
64. Levêque, C., *Etat de santé des écosystèmes aquatiques : l'intérêt des variables biologiques*, ed. Cemagref.
65. Blandin, P., *Biodiversité*. Universalis version 5, 1999.
66. *Ecosystems, World ressources 2000-2001*. <http://www.wri.org>
67. Boukhari, S., *Biodiversité, la vie en partage. Protéger l'or vert. L'inestimable valeur du vivant*. Le courrier de l'UNESCO, 2000. **mai 2000**: p. 25.
68. Varian, H.R., *Introduction à la microéconomie*. 3 ed, ed. D.B. Université. 1998, Bruxelles.
69. *Ecologie fonctionnelle*. <http://www.cnrs.fr/SDV/bonin.html>
70. *Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes*. <http://www.cnrs.fr/SDV/loreau.html>
71. *Les défis scientifiques en Ecologie et en Evolution*. <http://www.cnrs.fr/SDV/trehan.html>
72. *Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes*. <http://www.biologie.ens.fr/fr/ecologie/ecosystemes.html>
73. *Ecosystem size determines food-chain length in lakes*. Nature, 2000. **405**(June): p. 1047-1049.
74. McKnight, D.M., E. Reid Blood, and C.R. O'Melia, *Fundamental Research Questions in Inland Aquatic Ecosystem Science*, in *Freshwater Ecosystems. Revitalizing educational programs in limnology*, N.A. Press, Editor. 1996: Washington, D.C. p. 257-278.
75. Universalis, S.r.d.l.E., *Espace-temps*. Universalis version 5, 1999.
76. Ramade, F., *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*, ed. E. internationale. 1993, Paris.
77. Robert, P., *Dictionnaire Le Robert : frontière*, ed. D. Inc. 1996, Montréal.
78. Lamotte, M. and Décamps H., *Fonctionnement comparé des écosystèmes aquatiques et terrestres, Problèmes d'écologie : Structure et fonctionnement des écosystèmes limniques*. ed. Masson, 1983, Paris.
79. Vallentyne, J.R., *Not Politics, but Ecology*, in *Limnology now: A paradigm of planetary problems*, Elsevier, Editor. 1994: Amsterdam.
80. Macan, T.T., *Ponds and Lakes*. Cox & Wyman Ltd ed. 1973, London: George Allen & Unwin Ltd.
81. Jorgensen, S.E., *Lake Management*. 1980, Oxford: Pergamon Press.

82. Beaufrays, J. *L'eau et la vie*. in *Les enjeux de l'eau au 21ème siècle*. 2000. Espace Science Namur.
83. Tilzer, M.M. et C. Serruya, *Forward*, in *Large Lakes. Ecological Structure and Function*, Springer-Verlag, Editor. 1990: Berlin. p. XVII, XVIII.
84. Wells, H.G., *La machine à explorer le temps*. (pp 17-19). Folio bilingue, ed. Gallimard. 1992.
85. Duméry, H., *Temporalité*. Universalis version 5, 1999.
86. Delaunay, A., *Durée*. Universalis version 5, 1999.
87. Barnes, R.S.K. et Mann, K.H., *Fundamentals of aquatic ecology*. Blackwell Scientific Publications, 1991.
88. Pourriot, R. et M. Meybeck, *Limnologie générale*, ed. Masson. 1995, Paris.
89. Descy, J., *Cours de Limnologie* FUNDP. 2000.
90. *Lac*. <http://www.Webencyclo.com>
91. Semal, H., *Etude d'un étang urbain ou périurbain*. 1994, Frameries: Centre technique de l'Enseignement de la Communauté française.
92. Soulard, B., *Cours d'écologie*, . 1993, Ecole Nationale Supérieure des Mines: Paris.
93. Wetzel, G., *Limnology*, ed. W.B.S. Company. 1975, Philadelphia.
94. Home, A.J. et C.R. Goldman, *Limnology*. 2 ed, ed. I. McGraw-Hill. 1994, New York.
95. Descy, J., *Cours de limnologie générale (Wetzel et Likens, 1979)*. 2000.
96. Psenner, R. et J. Catalan, *Chemical composition of lakes in crystalline basins : a combination of atmospheric deposition, geologic background, biological activity and human action*, in *Limnology Now. A paradigm of planetary problems*, Elsevier, Editor. 1994: Amsterdam. p. 255-314.
97. Tilzer, M.M., *Specific properties of large lakes*, in *Large Lakes. Ecological Structure and Function*, Springer-Verlag, Editor. 1990: Berlin. p. 39-43.
98. Serruya, C., *Ecological structure and function in large lakes*, in *Large lakes*, Sringer-Verlag, Editor. 1990: Berlin. p. 661-673.
99. Descy, J., *Cours de pollution des eaux*. FUNDP. 2000.
100. Raichvarg, D., et al., *La didactique a-t-elle raison de s'intéresser à l'histoire des sciences ?* Vol. 5. 1987, Paris: ASTER.
101. Gohau, D., *Difficultés d'une pédagogie de la découverte dans l'enseignement des sciences*. Vol. 5. 1987, Paris: ASTER.
102. Lacombe, G., *Pour l'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement de second cycle*. Vol. 5. 1987, Paris: ASTER.
103. Committee on Inland Aquatic Ecosystems, Water Science and Technology Board, and E. Commission on Geoscienceq, *Freshwater Ecosystems. Revitalizing educational Programs in limnology*, ed. N.A. Press. 1996, Washington, D.C.
104. Worster, D., *Les pionniers de l'écologie, une histoire des idées écologiques*, ed. S.d.l. Terre. 1992, Paris.
105. Duméry, H., Université. *Université et politique du savoir*. Universalis version 6, 2000.
106. Lejeune, M., *La mise au point du questionnaire*, Paris.
107. Javeau, C., *L'enquête par questionnaire, Manuel à l'usage du praticien*. Ed. Université de Bruxelles, Les Editions d'Organisation, 1977. Paris
108. De Landsheere, G., *Introduction à la Recherche en Education*, ed. G. Thone, 1982. Liège
109. Legendre, L. et Legendre, P., *Numerical Ecology. Developments in Environmental Modeling 20*, ed. Elsevier, 1998.
110. Legendre, P., et Vaudor, A., *Le logiciel R, Analyse multidimensionnelle, analyse spatiale*, ed. Université de Montréal, 1991.
111. Ter Braak, C.J.F. et Smilauer, P., *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows, Software for Canonical Community Ordination (version 4)*, 1998.
112. Dervin, C., *Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances ?* ed. Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 1988.
113. Mucchielli, R., *L'analyse de contenu, des documents et des communications*. Ed. E S F Entreprise Moderne d'Édition. 1982
114. *Enquête sur les forces de travail 1999- Population totale* – <http://statbel.fgov.be>
115. Pommit, J., et al. *Sauvons la Terre*. Ed. Casteman. 1991.
116. Montangero, J., *Comment l'enfant comprend le temps. Quelles opérations mentales sous-entendent la mesure du temps ?* in *La recherche, hors série n°5*, 2001.
117. *Plan Fédéral de Développement Durable 2000-2004*. [http://www.cidd.fgov.be/pub/detail\\_pub.stm?pub=p1200004](http://www.cidd.fgov.be/pub/detail_pub.stm?pub=p1200004)

118. Noss, R. *Sustainability and Wilderness. Conservation Biology*, 1991. Cambridge, in Zecchini, A., *Soulager la planète. A l'épreuve du développement durable. Manière de voir, le monde diplomatique*, 2000. 50(Mars-Avril): p. 87.

# Annexe 1 : Les questionnaires.

## A. Questionnaire des BIO et VT.

### Recto.

#### Questionnaire de didactique de la biologie.

#### Tout d'abord quelques questions d'ordre général...

*cochez la (les) bonne(s) case(s)*

Vous a-t-on sensibilisé à des problèmes liés à l'eau ?

- Oui.  
 Non.

En famille :

En primaire :

En secondaire :

En 1<sup>ère</sup> Candi :

Lors d'une expo :

Lors d'un stage :

Autre(s) :

Précisez :

.....  
.....

Si oui, de quel(s) sujet(s) s'agissait-il ?

.....  
.....

Vous intéressez-vous aux sciences de l'eau ?

- Non.  
 Oui.

Pourquoi ?

.....  
.....

#### puis maintenant un dessin...

Pourriez-vous dessiner de façon schématique un écosystème lacustre<sup>2</sup> et préciser par des annotations (et/ou) une légende (et/ou) des phrases (et/ou) une liste de mots, absolument tous les facteurs qui vous semblent importants pour le caractériser ?

Je ne sais pas répondre car.....

#### enfin, une courte définition...

Si l'on vous demandait de donner une définition simple, voir schématique, d'un écosystème, laquelle donneriez vous ?

.....  
.....

voilà, c'est fini ! ...ou presque ...

Tournez la page s.v.p.



<sup>1</sup> Pour plus d'informations vous pouvez me contacter à l'Unité de Méthodologie et de Didactique de la Biologie ou par email (si je ne suis pas là) à : Cedric\_Cesar@hotmail.com.

<sup>2</sup> Lacustre : relatif aux lacs.

### Verso.

#### Quelques données générales<sup>1</sup>:

Nom: .....
Prénom: .....
Section: .....
Pays dans lequel vous avez effectué vos études secondaires : .....
Nombre d'heures de biologie par semaine en secondaire :
2 <sup>ème</sup> degré (5 <sup>ème</sup> et 6 <sup>ème</sup> ) : ..... heure(s) de théorie.
..... heure(s) de T.P.
3 <sup>ème</sup> degré (5 <sup>ème</sup> et 6 <sup>ème</sup> ) : ..... heure(s) de théorie.
..... heure(s) de T.P.

Merci beaucoup pour votre collaboration!

## B. Questionnaire de la POP.

### Recto.

#### Questionnaire de didactique de la biologie

##### Tout d'abord quelques questions d'ordre général...

*Cochez la (les) bonne(s) case(s)*

Vous a-t-on sensibilisé à des problèmes liés à l'eau ?

- Oui.  
 Non.

En famille :

À l'école (quand)

Via les médias (TV, radio, journaux)

Lors d'une expo :

Lors d'un stage :

Autre(s) :   
Précisez :

Si oui, de quel(s) sujet(s) s'agissait-il ?

Vous intéressez-vous aux sciences de l'eau ?

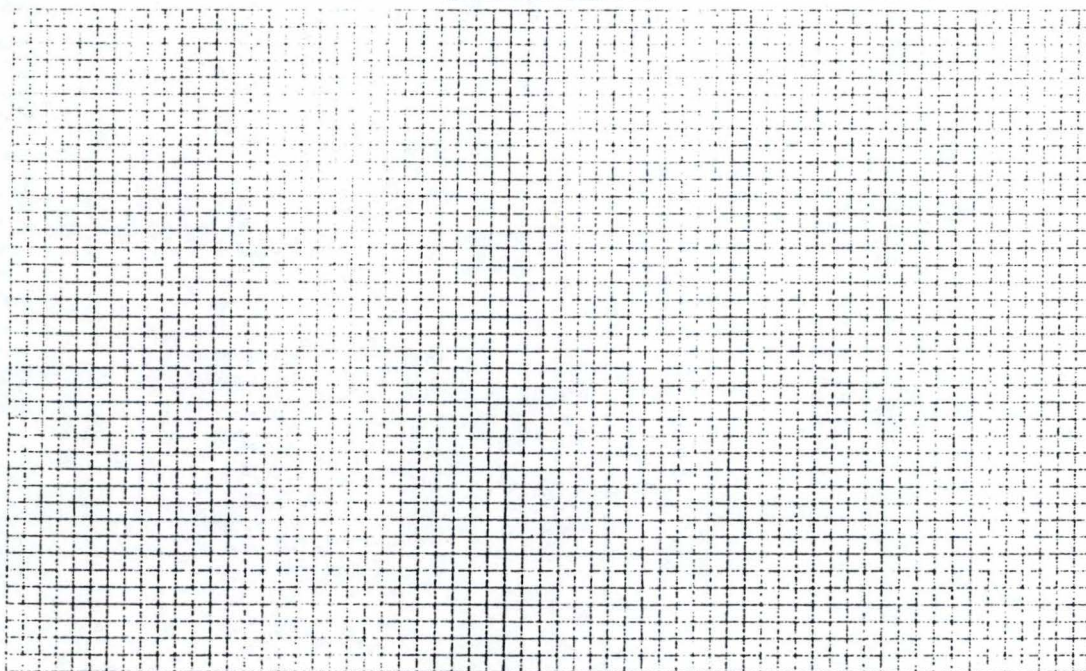
- Non.  
 Oui.

Pourquoi ?

##### Puis maintenant un dessin...

Pourriez-vous dessiner de façon schématique un écosystème lacustre<sup>2</sup> et préciser par des annotations (et/ou) une légende (et/ou) des phrases (et/ou) une liste de mots, absolument tous les facteurs qui vous semblent importants pour le caractériser ?

Je ne sais pas répondre car.....



##### Enfin, une courte définition...

Si l'on vous demandait de donner une définition simple, voire schématique, d'un écosystème, laquelle donneriez-vous ?

Je ne sais pas répondre car.....

Voilà, c'est fini ! ...ou presque ...

Tournez la page s.v.p.



<sup>1</sup> Pour plus d'informations vous pouvez me contacter à l'adresse suivante : Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix. Unité de Méthodologie et de Didactique de la Biologie. 61, rue de Bruxelles. 5000 Namur. Ou par email à : [Cedric.Cesar@hotmail.com](mailto:Cedric.Cesar@hotmail.com), ou encore par téléphone au 081/714386.

<sup>2</sup> Lacustre : relatif aux lacs.

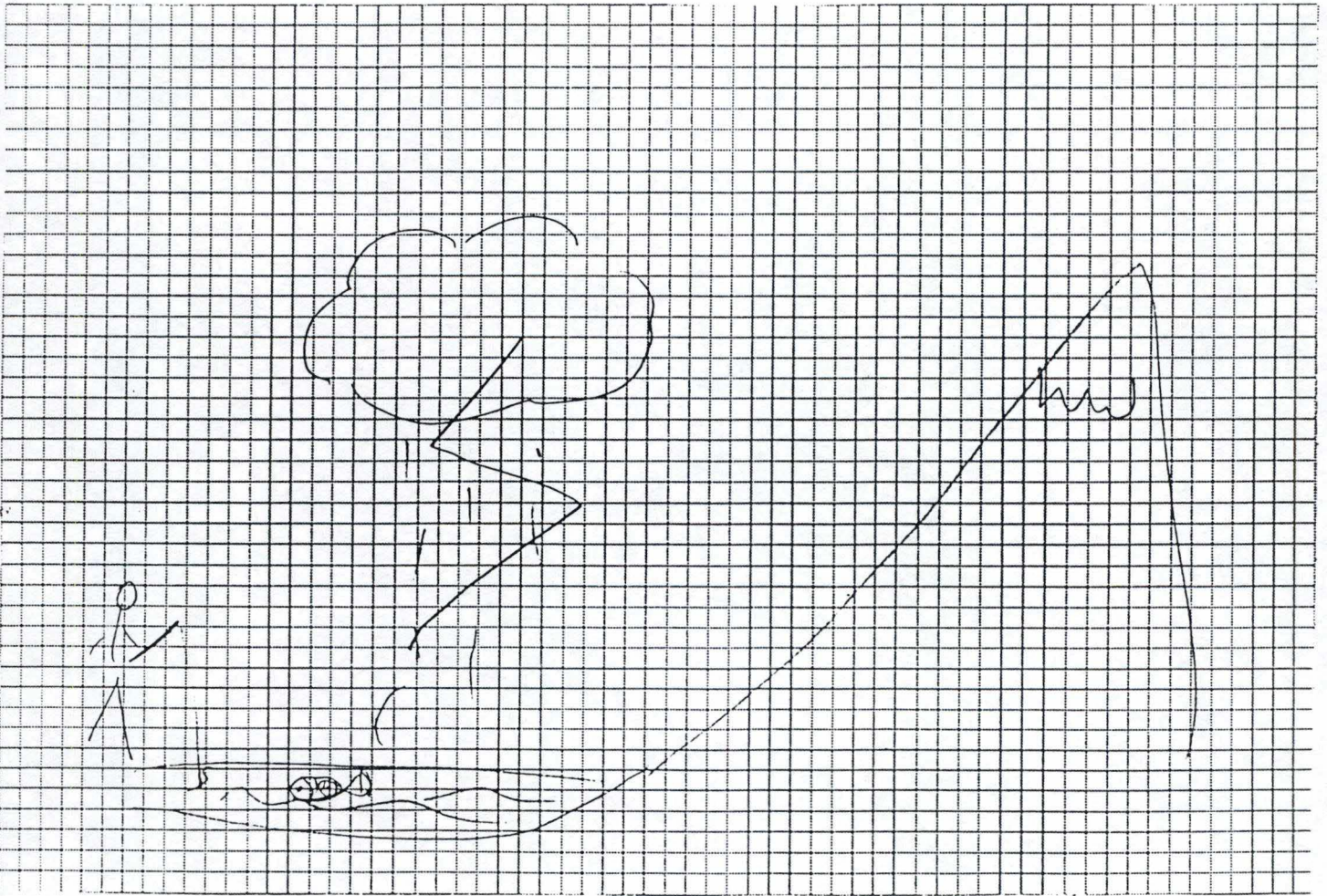
### Verso.

##### Quelques données générales<sup>1</sup>:

Profession : .....
Études : .....
Si vous avez effectué des études secondaires, dans quel(s) pays était-ce ? .....
Combien d'heures de biologie aviez-vous ? .....
Age : .....

Merci beaucoup pour votre collaboration !

Annexe 2 : Exemple de réponse avec dessin seul.



**Annexe 3 : Exemple de réponse avec dessin + légende.**

Y = distance verticale de la terre

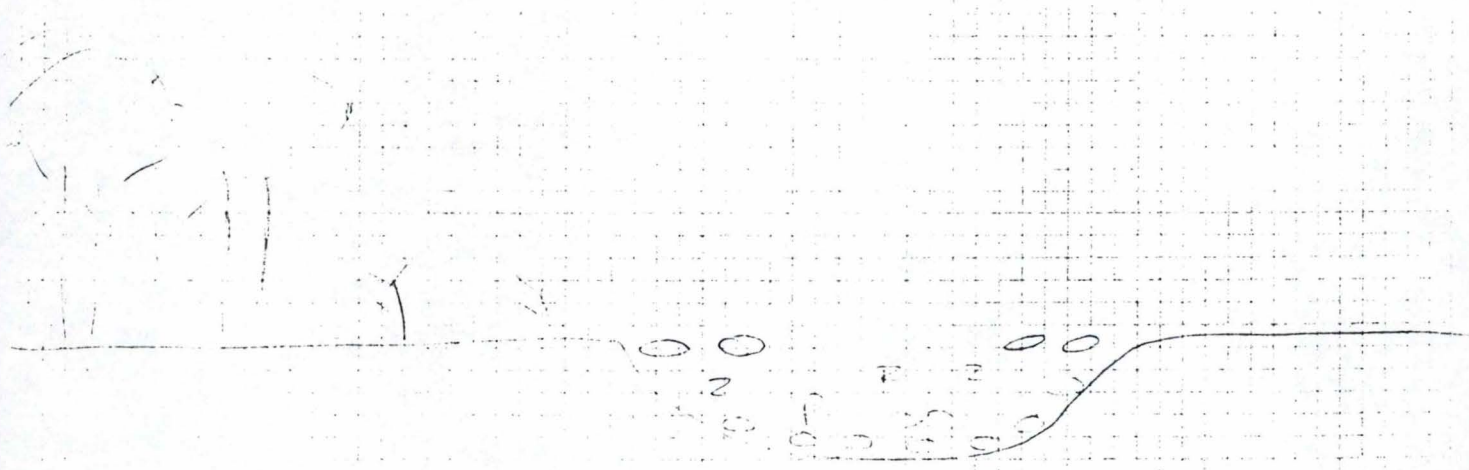
O = Ode de la p-attaque

Z = p-attaque

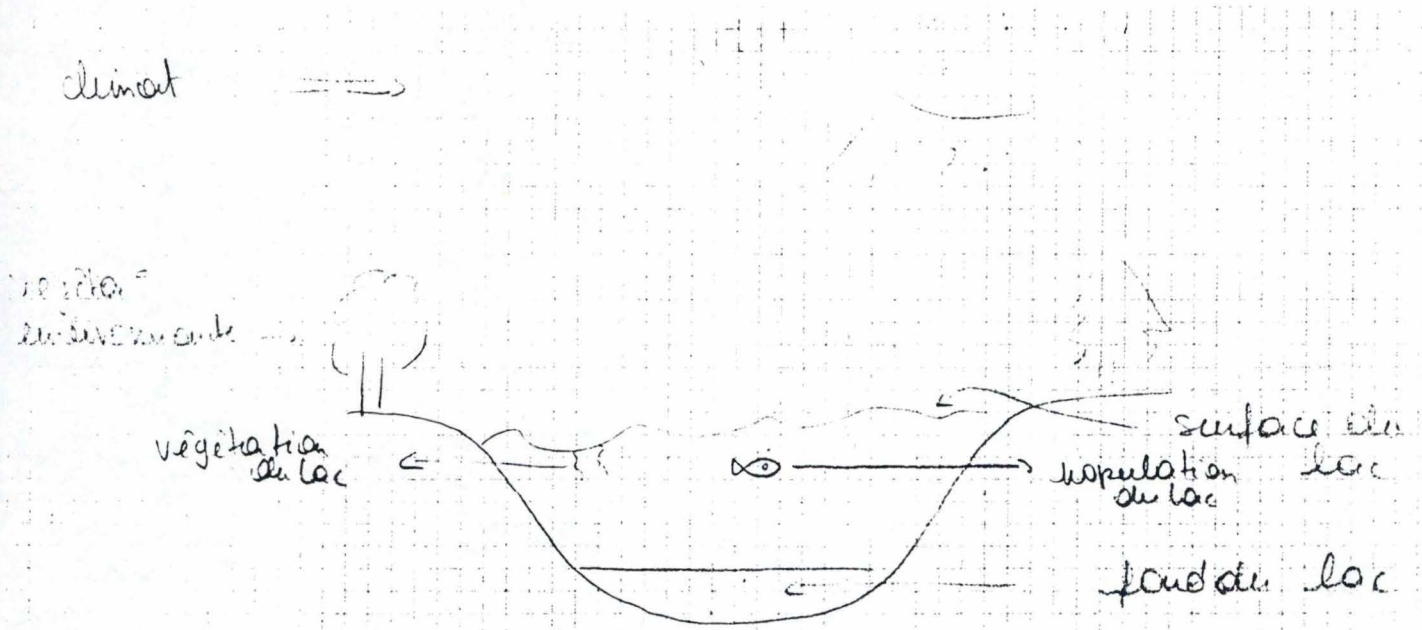
V = p-attaque

no = nombre de types de p-attaque (plus souvent que de p-attaque)

no = nombre



Annexe 4 : Exemple de réponse avec dessin + légende + texte.



La surface du lac est exposée au soleil et peut se réchauffer (soleil => possibilité de photosynthèse par certaines algues et phytoplancton).

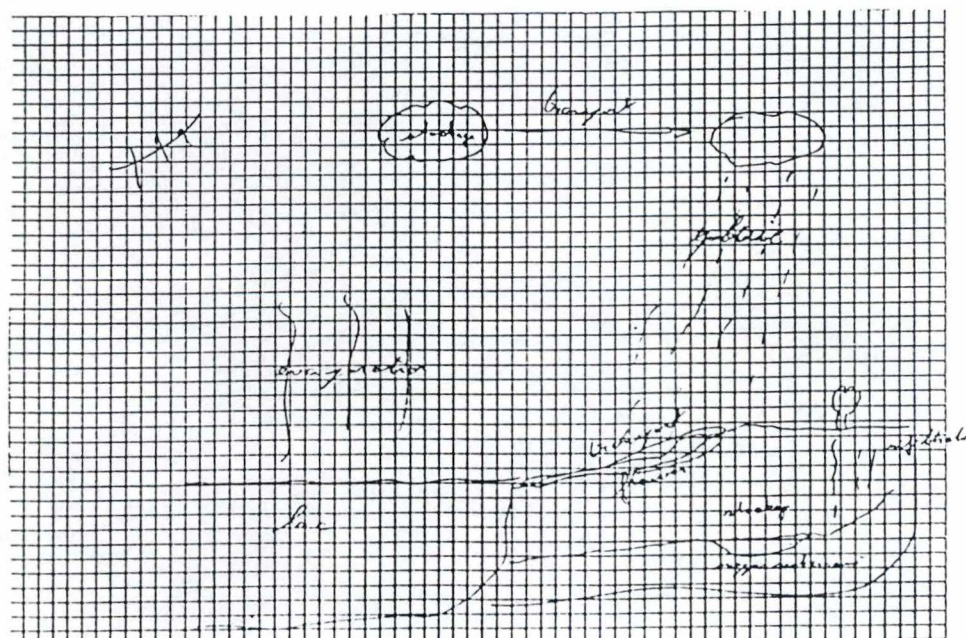
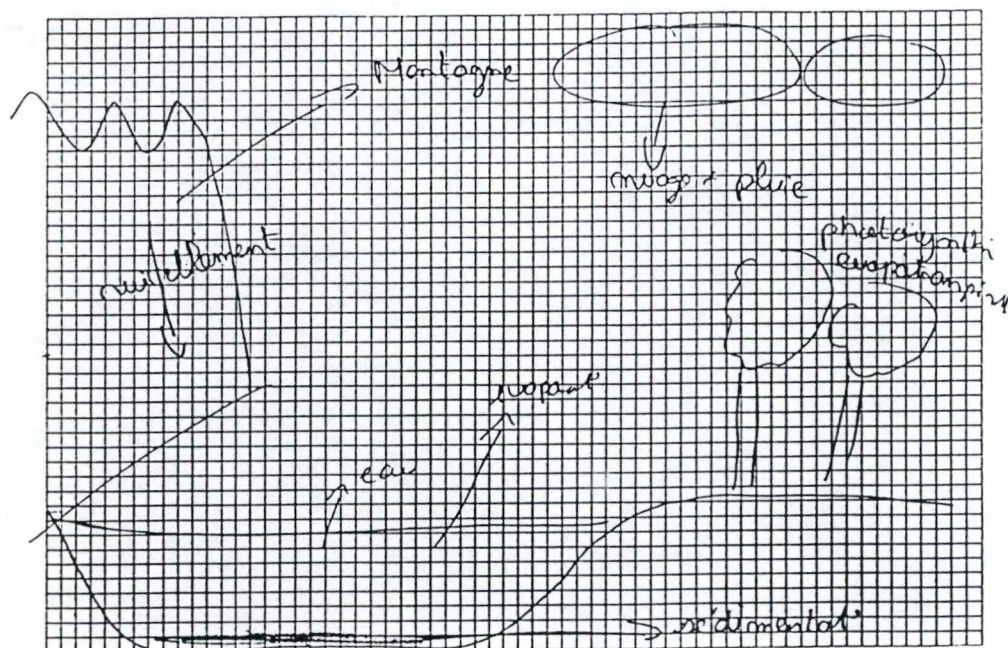
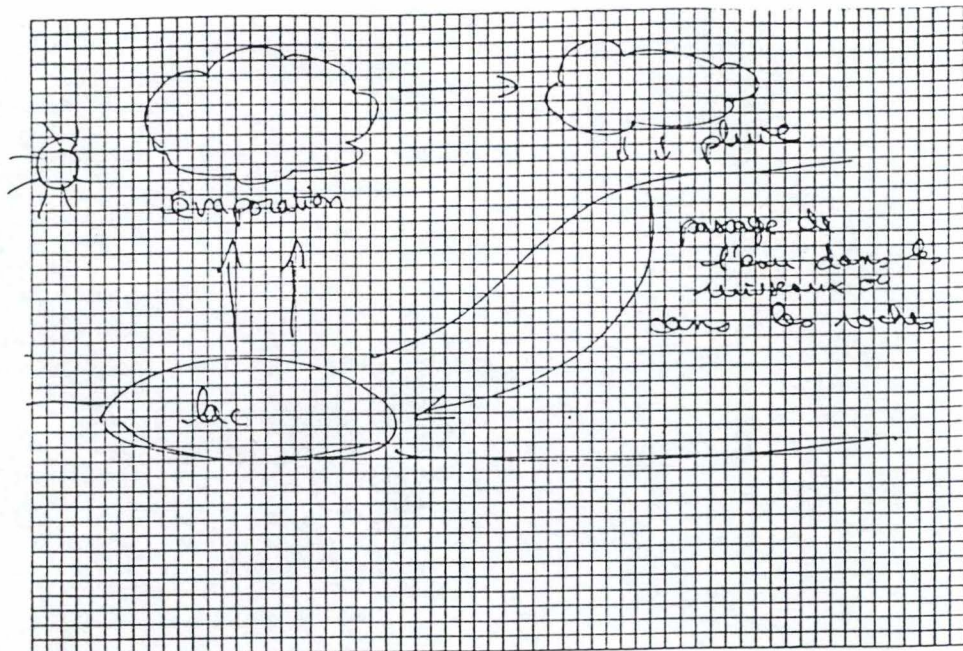
Le fond du lac est plus froid et rempli de sédiments (cad. mat. organique morte, et pauvre en  $O_2$ ).  
Des fois, possibilité de remous, ramenant de l' $O_2$  de la fond et des sédiments en surface.

Annexe 5 : Exemple de réponse avec texte seul.

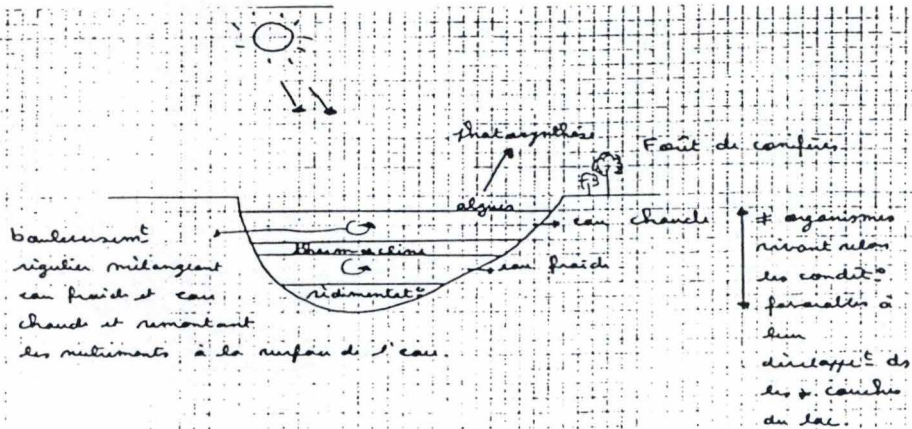
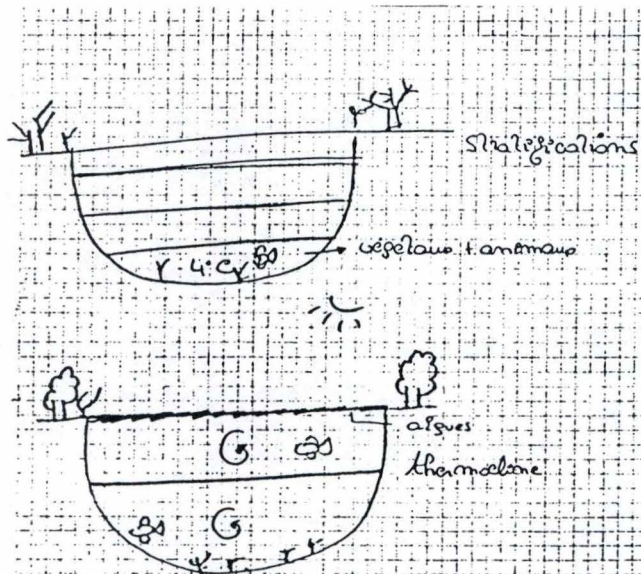
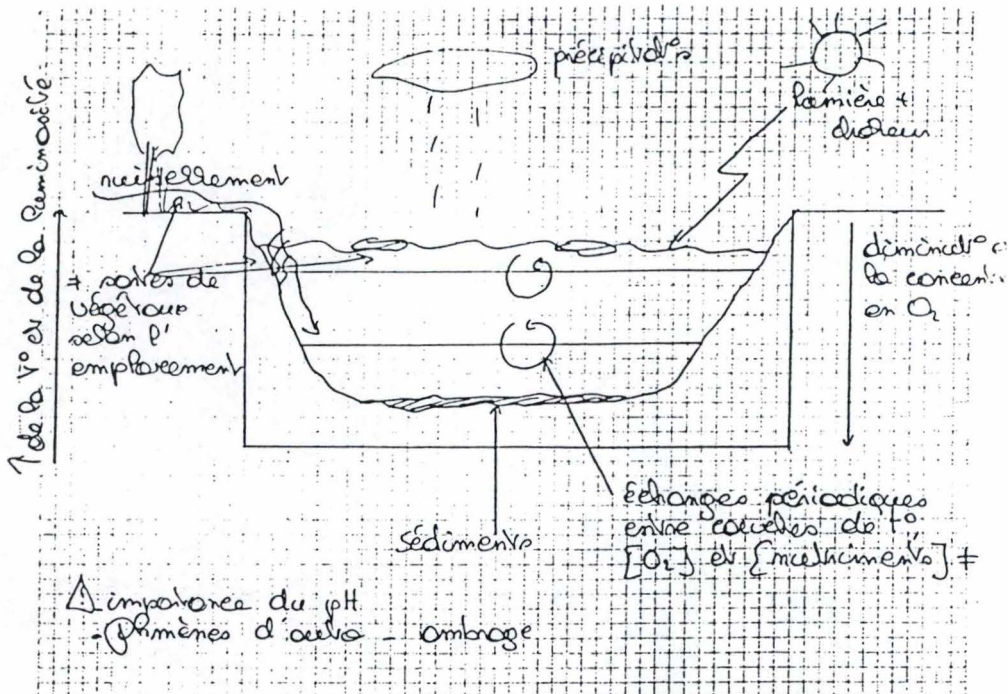
un peu, se nourrissent de matière en décomposition est  
mangée par un poisson, qui est lui même mangé  
par un plus gros poisson et le poisson est mangé par  
l'homme.



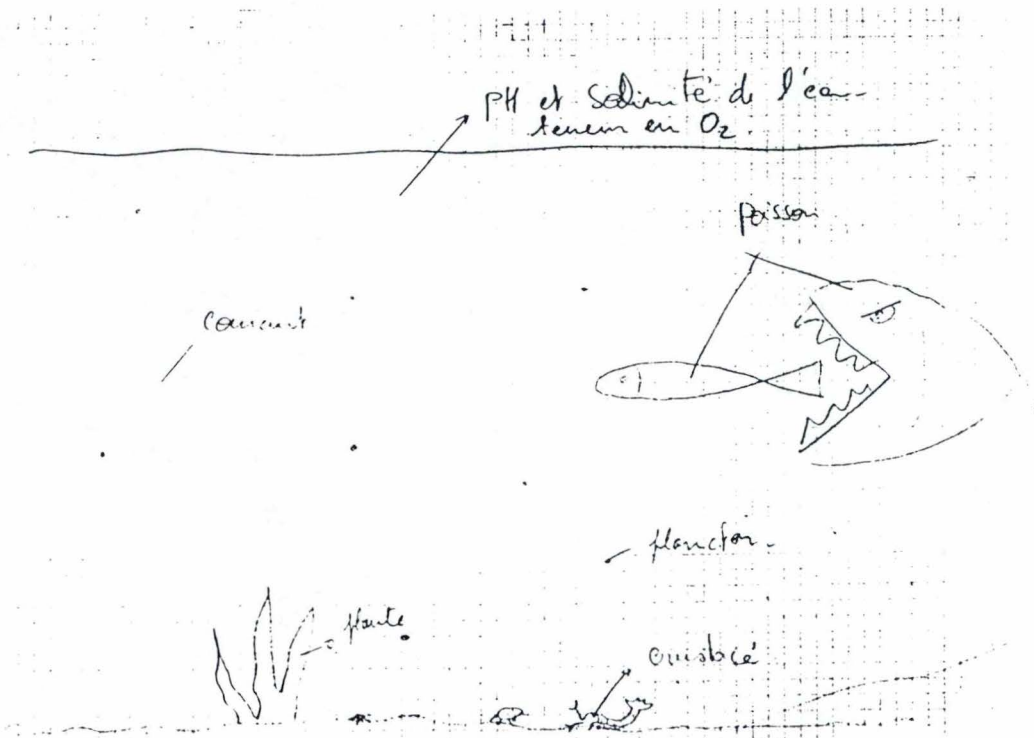
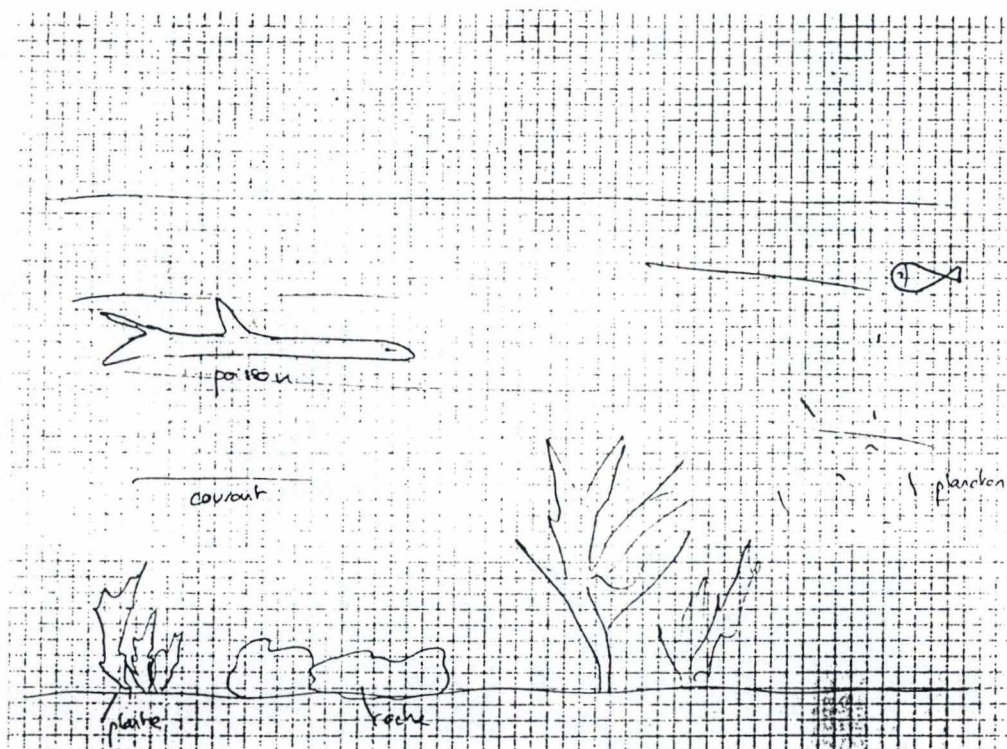
Annexe 7 : Exemples de réponses incluant le cycle de l'eau et le bassin versant.



**Annexe 8 : Exemples de réponses incluant la notion de temps.**



Annexe 9 : Exemples de réponses dans lesquelles le plan d'eau n'est pas identifiable.



Annexe 10 : Exemples de définitions de l'écosystème.

A. Définitions correctes.

Si l'on vous demandait de donner une définition simple, voir schématique, d'un écosystème, laquelle donneriez vous ?  
région géographique limitée influence par un certain nombre de facteurs et ceux-ci de diverse nature (animaux et végétales) interagissent entre eux et avec le milieu.

Si l'on vous demandait de donner une définition simple, voir schématique, d'un écosystème, laquelle donneriez vous ?  
un lieu donné (étang, forêt...) avec la faune et la flore et leurs multiples interactions.

Si l'on vous demandait de donner une définition simple, voir schématique, d'un écosystème, laquelle donneriez vous ?  
ensemble des êtres vivants qui vivent dans un même milieu et qui interagissent entre eux et avec ce milieu.

B. Définitions correctes mais incomplètes.

Si l'on vous demandait de donner une définition simple, voir schématique, d'un écosystème, laquelle donneriez vous ?  
un écosystème est l'ensemble de la faune et de la flore qui vivent dans une interdépendance alimentaire.

Si l'on vous demandait de donner une définition simple, voir schématique, d'un écosystème, laquelle donneriez vous ?  
ensemble d'êtres vivants (animaux, végétaux, champignons...) vivant dans un milieu déterminé.

Si l'on vous demandait de donner une définition simple, voir schématique, d'un écosystème, laquelle donneriez vous ?  
Ensemble d'organismes vivant dans le milieu.

C. Définitions incorrectes.

Si l'on vous demandait de donner une définition simple, voir schématique, d'un écosystème, laquelle donneriez vous ?  
Système comprenant nature et animaux.

Si l'on vous demandait de donner une définition simple, voir schématique, d'un écosystème, laquelle donneriez vous ?  
C'est lieu où l'on étudie tout ce qui est vivant.

Si l'on vous demandait de donner une définition simple, voir schématique, d'un écosystème, laquelle donneriez vous ?  
un écosystème est l'ensemble d'une biosphère et du biotope relatif à cette biosphère.

### Annexe 11 : Calcul du coefficient symétrique de Gower

Le calcul du coefficient S15, pour des données de type quantitatif comme les nôtres<sup>1</sup> s'établit comme suit : (Tableau à lire du haut vers le bas. Chaque étape de calcul est expliquée dans la première colonne)

	Attributs							Σ
	BCD	CLD	SED	BVD	STD	FPD	RED	
A = Valeurs des différents attributs pour l'individu 152.	13	9	3	5	0	0	1	
B = Valeurs des différents attributs pour l'individu 174.	9	10	3	7	0	0	1	
P (Poids) = 0 si au moins une des deux valeurs d'un attribut pour les 2 individus est absente, 1 sinon. <sup>2</sup>	1	1	1	1	1	1	1	= 7
R = différence (Max.-Min.) pour les valeurs existantes d'un attribut dans tout l'échantillon des 238 personnes (exemple pour BCD : 15 = valeur maximale trouvée dans l'échantillon et 0 = valeur minimale => BCD = 15 - 0 = 15)	15	11	5	7	3	1	1	
V = Valeur absolue de A - B. (EX. BCD =  13-9  = 4)	4	1	0	2	0	0	0	
VR = V/R. (EX. BCD = 4/15 = 0.27)	0.27	0.09	0	0.29	0	0	0	
SP (similarité partielle) = P*(1-VR). (EX. BCD = 1*(1-0.27) = 0.73)	0.73	0.91	1	0.71	1	1	1	= 6.36

**S15** = ΣSP/ΣP. => S15 (152-174) = 6.36/7 = **0.91**

Dans ce tableau on voit que "P" permet bien de traiter le "0" comme toute autre donnée (poids = 1) et que seules les valeurs manquantes, qui n'ont pas de signification propres, sont éliminées (poids = 0).

Une valeur de "V" n'est utilisable que si les rapports entre les différents états de l'attributs sont équivalents. Ainsi pour un attribut pouvant prendre les valeurs 0, 1, 2, 3, il faut que l'écart entre 0 et 1 ait la même signification que celui qu'il existe entre 1 et 2, etc. Si cette règle n'est pas respectée il est impossible d'effectuer des comparaisons entre les différentes valeurs de "V".

Les calculs aboutissants à la valeur de "SP" reviennent transformer les différents "V" de telle façon qu'ils aient tous une valeur comprise entre 0 et 1. 1 correspond à une similarité totale pour un attribut et 0 à une similarité nulle. On divise ensuite la somme des "SP" par la

<sup>1</sup> Ici le nombre d'éléments cités pour chaque attribut.

<sup>2</sup> La valeur de "P" peut-être modifiée si l'on veut donner plus de poids à certains attributs. Ainsi si on souhaite que "BCD" ait un poids double des autres attributs, il suffit de transformer les valeurs 1 de tous les autres attributs par une valeur 0.5. Ainsi leur valeur "SP" sera divisée par deux.

somme des "P", ce qui permet de dire quelle est la similarité entre deux individus lorsque l'on regarde l'état des différents attributs qu'ils ont en commun.

Les résultats obtenus sont présentés dans un tableau (ou matrice) de la forme suivant :

		<u>Les 238 individus (152, 174, 200 ,...)</u>				
		...	152	...	174	...
<u>Les 238 individus (152, 174, 200 ,...)</u>	...	1	Valeurs du coefficient symétrique de Gower (S15)			
	152	②	1	0.91		
	...			1		
	174		0.91		1	①
	...	Valeurs du coefficient symétrique de Gower (S15)				1

Comme on le voit, les valeurs que l'on retrouve de part et d'autre de la diagonale (ou il n'y a que des "1" puisque on compare un individu à lui-même) de la matrice sont identiques. Le traitement des résultats ne se fera donc que sur la moitié du tableau (① ou ②) en éliminant aussi les valeurs de la diagonales qui n'ont aucun intérêt.

Il nous reste donc un tableau qui suit, que l'on nomme semi-matrice de similarité :

		<u>Les 238 individus (152, 174, 200, ...)</u>			
		152	174	200	...
<u>Les 238 individus (152, 174, 200 ,...)</u>	152				
	174	0.91 <sup>3</sup>			
	200		②		
	⋮	Valeurs du coefficient symétrique de Gower			

A partir de cette semi-matrice, on peut réaliser l'analyse de cluster proprement dite.

<sup>3</sup> On peut facilement retrouver la représentation de cette association des individus 152 et 174 (un point se trouve devant leurs numéros) du groupe G2 à la figure 1, page 115. Attention dans ce dendrogramme, on représente la distance qui sépare les différents éléments. Ainsi 152-174 sont séparés de  $1 - 0.91 = 0.09$ , et c'est à cette distance qu'ils s'associent comme on le voit bien.

Annexe 12 : Codage des questionnaires.

Tableau n°1																									
Profil du répondant																									
N°	NE	E	OS	U	NU	ES	J	MJ	NS	VF	VE1	VE2	VE3	VM	VA	SP	SL	SIR	SF	NI	IV	IP	IC	IA	
1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
4	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
5	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
6	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
7	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
9	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
10	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
11	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
12	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
13	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
14	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0
15	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
17	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
18	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
20	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
21	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
22	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
23	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0
24	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
25	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
26	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
27	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
28	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
29	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
30	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
31	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
32	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
33	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
34	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
35	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
36	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
37	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
38	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
39	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
40	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
41	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
42	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
43	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
44	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
45	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
46	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
47	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
48	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
49	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
50	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
51	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
52	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
53	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
54	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
55	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
56	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
57	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
58	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
59	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
60	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
61	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0

Tableau n°1

## Profil du répondant

N	NE	E	OS	U	NU	ES	J	MJ	NS	VF	VE1	VE2	VE3	VM	VA	SP	SL	SR	SF	NI	IV	IP	IC	IA
62	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
63	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1
64	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
65	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
66	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
67	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
68	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
69	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
70	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
71	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
72	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
73	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
74	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
75	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
76	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
77	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
78	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
79	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
80	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
81	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
82	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
83	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
84	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0
85	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
86	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
87	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
88	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
89	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
90	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
91	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
92	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
93	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
94	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
96	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
97	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
98	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
99	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
100	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
101	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
102	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
103	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
104	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
105	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
106	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
107	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
108	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
109	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
110	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
111	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
112	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
113	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
114	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
115	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
116	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
117	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0
118	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
119	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
120	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
121	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
122	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
123	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0
124	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1

Tableau n°1

## Profil du répondant

N°	NE	E	OS	U	NU	ES	J	MJ	NS	VF	VE1	VE2	VE3	VM	VA	SP	SL	SR	SF	NI	IV	IP	IC	IA
125	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
126	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
127	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
128	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
129	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
130	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
131	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
132	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
133	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
134	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
135	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
136	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
137	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
138	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0
139	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
141	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
142	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
143	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
144	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
145	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
146	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
147	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
148	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
149	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
150	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
151	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
152	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
153	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
154	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
155	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
156	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
157	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
158	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
159	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0
160	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
161	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
162	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
163	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
164	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0
165	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
166	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
167	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0
168	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
169	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
170	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
171	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
172	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
173	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
174	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
175	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
176	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0
177	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
178	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1
179	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
180	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
181	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
182	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
183	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
184	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
185	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
186	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
187	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0

Tableau n°1

Profil du répondant

N°	NE	E	OS	U	NU	ES	J	MJ	NS	VP	VE1	VE2	VE3	VM	VA	SP	SL	SR	SF	NI	IV	IP	IC	IA
188	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
189	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
190	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
191	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
192	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
193	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
194	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
195	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
196	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
197	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
198	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
199	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
200	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
201	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
202	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
203	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0
204	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
205	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
206	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
207	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
208	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
209	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
210	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
211	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
212	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
213	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
214	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
215	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
216	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
217	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
218	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
219	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
220	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
221	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
222	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
223	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
224	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
225	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
226	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
227	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
228	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
229	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
230	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
231	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
232	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
233	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
234	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
235	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
236	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
237	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
238	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0





Tableau n°2

## Représentation de l'écosystème lacustre selon ses attributs

N°	BCD1	BCD2	BCD3	BCD4	BCD5	BCD6	BCD7	BCD8	BCD9	CLD10	CLD11	CLD12	CLD13	CLD14	CLD15	CLD16	SED17	SED18	SED19	SED20	SED21	SED22	SED23	BVD24	BVD25	BVD26	BVD27	STD28	STD29	STD30	STD31	PPD32	RED33	RED34				
127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1			
129	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0				
130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
132	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
134	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
136	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
137	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1			
139	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1			
141	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
142	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
143	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1		
144	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
145	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
146	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
147	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
148	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
149	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
150	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
151	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
152	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1		
153	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
154	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
155	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
156	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
157	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1		
158	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
159	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
160	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
161	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
162	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
163	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
164	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
165	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
166	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
167	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
168	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
169	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
171	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
172	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
173	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
174	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
175	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
176	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
177	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
178	1	0	0	0</																																		



Tableau n°3

n°	Représentation de l'écosystème lacustre (L.A.) sans filtre													Qualité de la représentation de L.A. sans "filtre"		Qualité de la représentation de L.A. selon ses attributs			Notion d'écosystème								Exactitude de la définition de l'écosystème								
	Ffa	Fft	Bc	Bm	Bb	Ea	Le	Ee	Eec	Ele	He	G	T	Ner	Nei	SAD	SDD	NVD	Viv	Esp	Rel	Grp	Spf	Sta	Fac	Str	Tps	Dc	Dci	Di1	Di2				
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	7	0	2	7	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
3	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	6	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
5	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	6	0	3	8	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
9	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	10	0	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0		
12	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	7	0	5	12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
13	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	11	0	3	9	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
14	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	15	0	4	16	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
15	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4	0	3	11	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
16	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	6	0	4	15	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
18	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	7	0	4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	12	0	3	13	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
20	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	3	8	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
21	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	4	16	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
23	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	0	3	10	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0		
25	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	9	0	3	11	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
26	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	6	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
27	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	6	0	4	12	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
28	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	7	0	3	13	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
29	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	7	0	2	5	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
31	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	8	0	5	11	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
32	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	7	0	3	12	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
33	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	7	0	2	8	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
34	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	9	0	1	7	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
35	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	5	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
36	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	6	0	1	3	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
37	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	9	0	3	12	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
38	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	3	10	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	
39	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	7	0	3	10	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	
40	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	6	0	3	10	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
41	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	15	0	3	12	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
42	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	7	0	3	10	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
44	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	5	0	2	7	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
45	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	7	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
48	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	10	0	2	7	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
49	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	3	6	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
51	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	7	0	3	12	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
53	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	4	0	5	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
54	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	2	8	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
56	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	13	0	3	9	0	1	1	1	0													

Tableau n°3

n°	Représentation de l'écosystème lacustre (L.A.) sans filtre											Qualité de la représentation de L.A. sans "filtre"		Qualité de la représentation de L.A. selon ses attributs			Notion d'écosystème								Exactitude de la définition de l'écosystème											
	Fia	Fft	Bc	Bm	Bb	Ea	Le	Ec	Ecc	Ele	He	G	T	Ner	Nei	SAD	SDD	NVD	Viv	Esp	Rel	Grp	Spf	Sta	Fac	Str	Tps	De	Dei	Di1	Di2					
65	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	7	0	2	6	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0				
66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
67	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0				
68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0				
69	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	0	3	11	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0				
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1				
71	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	3	7	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0				
73	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	9	0	3	9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0				
75	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	8	0	5	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0			
76	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	3	10	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
77	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0	3	10	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
78	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	0	3	10	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0			
79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
84	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	10	0	3	5	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
86	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	13	0	3	10	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0			
87	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	11	0	3	9	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
88	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	9	0	3	9	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
90	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	9	0	3	11	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
92	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	10	0	3	14	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
94	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	10	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
96	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	11	1	3	8	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1			
99	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	6	0	3	10	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
100	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	9	0	4	18	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
101	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	8	0	3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
102	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	6	0	3	10	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
104	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	9	0	2	7	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
105	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	6	0	1	3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
106	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	6	0	3	7	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
107	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	5	0	3	8	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0		
108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
109	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	7	0	3	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
110	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	8	0	3	12	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
111	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	9	0	3	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
112	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	8	0	3	11	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
114	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	9	0	3	12	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
115	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	10	0	3	15	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
117	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	6	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
118	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	12	0	4	16	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
119	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	7	0	2	6	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
120	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	0	1	6	0	1	1	0	1														

Tableau n°3

n°	Représentation de l'écosystème lacustre (L.A.) sans filtre													Qualité de la représentation de L.A. sans "filtre"		Qualité de la représentation de L.A. selon ses attributs			Notion d'écosystème								Exactitude de la définition de l'écosystème					
	Ffa	Fft	Bc	Bm	Bb	Ea	Le	Ee	Ecc	Ele	He	G	T	Ner	Nei	SAD	SDD	NVD	Viv	Esp	Rel	Grp	Spf	Sta	Fac	Str	Tps	Dc	Dci	Di1	Di2	
130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
132	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
134	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
136	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
138	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	4	11	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
139	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	7	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
140	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	11	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
141	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	10	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
142	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
143	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	4	15	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
144	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
145	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
146	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	4	16	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
147	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	3	9	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
148	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	2	7	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
149	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	12	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
150	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	14	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
151	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
152	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5	14	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
153	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	2	10	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
154	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	20	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
155	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
156	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	4	14	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
157	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4	13	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
158	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
159	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
160	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	11	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
161	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
162	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
163	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	13	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
164	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
165	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	12	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
166	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	12	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
167	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	11	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
168	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	10	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
169	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	16	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
170	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	5	17	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
171	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5	22	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
172	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4	18	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
173	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	17	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
174	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	13	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
175	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	14	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
176	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3	12	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
177	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5	13	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
178	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
179	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	11	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0
180	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
181	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	10	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
182	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	14	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
183	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	11	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
184	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	10	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
185	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	12	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
186	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	11	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
187	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	11	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
188	1	1	0	0	0	0																										

