

## THESIS / THÈSE

### MASTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES DES ORGANISMES ET ÉCOLOGIE

**Etude du régime alimentaire du Grand Cormoran, *Phalacrocorax carbo sinensis* Blum., hivernant dans le bassin mosan belge**

Tarbe, Anne-Laure

*Award date:*  
2002

[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 DU REGIME ALIMENTAIRE DU GRAND CORMORAN,  
*Phalacrocorax carbo sinensis* Blum., HIVERNANT DANS LE BASSIN  
MOSAN BELGE**

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

Anne-Laure TARBE

Août 2002

**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: joëlle.jonet@fundp.ac.be - <http://www.fundp.ac.be/fundp.html>

**Etude du régime alimentaire du grand cormoran, *Phalacrocorax carbo sinensis* Blum., hivernant dans le bassin mosan belge**

TARBE Anne-Laure

Résumé

La prédation du grand cormoran en Wallonie est évaluée par les techniques d'analyse des pelotes de réjection et de reconnaissance des structures anatomiques caractéristiques des poissons-proies pour deux dortoirs de cormorans, l'un sur la Meuse, cyprinicole, l'autre sur la Lesse, dans la zone à barbeaux. Sur les 267 pelotes récoltées et traitées sur une période s'étendant de novembre 2001 à mars 2002, 100 ont été analysées, à raison de 50 par dortoir. Nous avons ainsi pu constater la prédominance du gardon, du goujon et de la perche, pour les deux dortoirs, ainsi que de la grémille, dans le régime des cormorans de Meuse, et du rotengle, pour les cormorans de Lesse. La majorité de ces poissons appartiennent à une gamme de taille comprise entre 5 et 20 cm. Le régime hydrique joue également un rôle dans les captures des hivernants sur les deux cours d'eau, mais apparaît plus nettement en Lesse, avec des différences plus marquées dans la consommation de la perche et du goujon. La prédation absolue en Meuse a ainsi été évaluée à 30,7 tonnes pour une période de 288 jours. La menace pesant sur les ombres et les salmonidés semblerait écartée en Lesse, mais ce, aux dépens des étangs et piscicultures avoisinants.

Mémoire de licence en Sciences Biologiques

Août 2002

**Promoteur:** J.-C. Micha

**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: joëlle.jonet@fundp.ac.be - <http://www.fundp.ac.be/fundp.html>

**Study of the diet of the great cormorant, *Phalacrocorax carbo sinensis* Blum.,  
wintering in the Belgian Meuse bassin**

TARBE Anne-Laure

Abstract

The great cormorant depredation in Walloon region is here treated through the study of its diet both in the river Meuse, in the cyprinids zone, and the river Lesse, in the barbel zone. We focussed on two night roosts, one on the river Meuse, another along the river Lesse. For all that, we have used the pellet analysis and fishes' bony structures recognition techniques. Among the 267 pellets collected and treated within a period of 5 months (from Novembre 2001 to March 2002), 100 of them have been analysed (50 per roost). So we've discovered the predominance of roach, gudgeon and perch, in both roosts, and also of ruffe, in the diet of the Meuse settlement, or rudd, for the cormorants wintering in the Lesse roost. The main part of these fishes belongs to a length range between 5 and 20 cm. The flow of the water plays also a part in the captures of the two settlements, but appears more clearly in the river Lesse, with stronger differences for perch and gudgeon consumption.

The absolute depredation in the Meuse is evaluated to 30,7 tonnes for a period of 288 days. The threat upon graylings and salmonids living in the Lesse seems to be averted but ponds and fisheries appear to pay for it.

Dissertation in Biological Sciences

August 2002

**Promotor:** J.-C. Micha

# Remerciements

## Remerciements

*Au terme des quatre années d'études que clôture ce mémoire, je me dois de remercier toutes les personnes sans lesquelles je ne serais peut-être pas là aujourd'hui.*

*Je tiens d'abord à remercier le professeur Jean-Pierre Descy pour m'avoir accueillie au sein de l'Unité de Recherche en Biologie des Organismes*

*Je manifeste également toute ma reconnaissance à mon promoteur, Monsieur Jean-Claude Micha, pour m'avoir acceptée parmi ses mémorants et pour m'avoir guidée lors des moments de doute. Merci à lui d'avoir cru en moi et de m'avoir accordé sa confiance malgré mes airs d'adolescente de quinze ans.*

*Merci aussi à Geoffroy Evrard, mon tuteur, pour ses conseils et l'aide précieuse qu'il m'a apportée. Encore merci, Geoffroy, d'avoir sans doute été le seul à m'épargner de commentaires sur mes émanations après les trop longues journées passées au milieu des pelotes...*

*Un merci tout particulier à François Darchambeau pour son aide et sa patience à toute épreuve. Je veux aussi le remercier d'avance pour les photos du stage dans le Jura.*

*Merci également à Christian Paquet, du MET, aux ornithologues d'AVES ainsi qu'aux pisciculteurs pour toutes les informations qu'ils m'ont fournies et qui m'ont été précieuses.*

*Je tiens encore à témoigner ma reconnaissance à tous ceux et celles qui ont contribué, de près ou de loin, à mon épanouissement personnel.*

*Mes « collègues » et amis écologistes tout d'abord : Marie-Astrid, Vivi, Gégé, Sara, Xav, Plage, Dav et Virginie, dont l'humour et la bonne humeur m'ont très souvent remise d'aplomb. Je leur donne rendez-vous pour de nouvelles aventures.*

*Mes amis, ensuite : Stef, Stéphanie, Phil, ..., ma famille et Fabou, pour le soutien et l'aide précieuse qu'il m'ont souvent apportés.*

*Enfin, un grand merci aux professeurs et à toute l'équipe de chercheurs et de techniciens de l'URBO : André (et les fameuses expéditions de terrain passées ensemble), Yves et tous ses petits trucs pour déjouer les pièges de l'informatique, Pierre, Delphine, Laurent... et les autres.*

*Qu'ils soient tous assurés de ma reconnaissance pour les siècles des siècles. Amen.*

|                    |
|--------------------|
| TABLE DES MATIERES |
|--------------------|

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCTION .....                                                                                   | 1  |
| I.SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....                                                                     | 3  |
| 1. Prédation et impact sur les communautés ichtyologiques .....                                      | 3  |
| 1.1. Définitions et concepts.....                                                                    | 3  |
| 1.1.1. Prédation, communauté, superprédateur.....                                                    | 3  |
| 1.1.2. Théorie de la recherche optimale de nourriture .....                                          | 4  |
| 1.1.3. Diversité des régimes alimentaires .....                                                      | 5  |
| 1.1.4. Stratégies de capture.....                                                                    | 6  |
| 1.1.5. Prédateurs interactifs .....                                                                  | 6  |
| 1.2. Prédation et structuration des communautés .....                                                | 6  |
| 1.2.1. Effets directs : la cascade trophique.....                                                    | 6  |
| 1.2.1.2. Qu'est-ce qu'une chaîne trophique ?.....                                                    | 7  |
| 1.2.1.2. Théorie de la cascade trophique : le « Top-Down Control » .....                             | 8  |
| * Modèle linéaire.....                                                                               | 8  |
| * Modèle ramifié .....                                                                               | 9  |
| 1.2.1.3. Conclusion .....                                                                            | 9  |
| 1.2.2. Effets indirects de la prédation .....                                                        | 9  |
| 1.2.2.1. Impact des superprédateurs sur le recyclage des nutriments ...                              | 10 |
| * Influence des poissons .....                                                                       | 10 |
| * Influence des oiseaux piscivores .....                                                             | 10 |
| 1.2.2.2. Impact des superprédateurs sur les classes de taille<br>des populations de proies.....      | 11 |
| 1.2.2.3. Impact des superprédateurs sur le comportement des proies..                                 | 11 |
| 1.3. Comparaison de la prédation par les poissons<br>ichtyophages et par les oiseaux piscivores..... | 12 |
| 1.4. Conclusion .....                                                                                | 14 |
| 2. Le Grand Cormoran, prédateur piscivore, en Europe .....                                           | 14 |
| 2.1. Généralités .....                                                                               | 14 |
| 2.1.1. Phylogenèse.....                                                                              | 14 |
| 2.2.2. Caractéristiques morphologiques .....                                                         | 15 |
| 2.1.3. Ethologie .....                                                                               | 16 |
| 2.1.2.1. Socialité et milieu de vie .....                                                            | 16 |
| 2.1.3.2. Comportement et choix alimentaires .....                                                    | 17 |
| 2.2. Evolution démographique.....                                                                    | 20 |
| 2.2.1. Situation dans les grands pays de reproduction.....                                           | 21 |
| 2.2.2. Situation dans les grands pays d'hivernage et en Wallonie .....                               | 22 |
| * Situation en Wallonie.....                                                                         | 22 |

|                                                                                           |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 2.3. Problématique du Grand Cormoran : influence-t-il les communautés de poissons ? ..... | 23     |
| 2.3.1. Etude du régime alimentaire.....                                                   | 23     |
| 2.3.1.1. Suivis in situ .....                                                             | 24     |
| 2.3.1.2. Examen des pelotes de réjection .....                                            | 24     |
| 2.3.1.3. Analyse des contenus stomacaux .....                                             | 25     |
| 2.3.2. Différents cas étudiés en Europe .....                                             | 26     |
| 2.3.2.1. Grands lacs (>500ha) .....                                                       | 27     |
| 2.3.2.2. Petits lacs et étangs.....                                                       | 28     |
| 2.3.2.3. Rivières cyprinicoles.....                                                       | 29     |
| 2.3.2.4. Rivières salmonicoles .....                                                      | 29     |
| 2.4. Conclusion et objectifs .....                                                        | 30     |
| <br>II. MATERIEL ET METHODES.....                                                         | <br>31 |
| 1. Choix des sites d'étude .....                                                          | 31     |
| 1.1. Dortoir de Vas'ti-Frotte (Jambes) .....                                              | 31     |
| 1.1.1. Situation géographique.....                                                        | 31     |
| 1.1.2. Caractéristiques physiques du site .....                                           | 32     |
| 1.1.2.1. La Meuse .....                                                                   | 32     |
| 1.1.2.2. Le dortoir .....                                                                 | 32     |
| 1.2. Dortoir de Villers-sur-Lesse .....                                                   | 32     |
| 1.2.1. Situation géographique.....                                                        | 33     |
| 1.2.2. Caractéristiques physiques du site .....                                           | 33     |
| 1.2.2.1. La Lesse .....                                                                   | 33     |
| 1.2.2.2. Le dortoir .....                                                                 | 34     |
| 1.3. Populations ichtyologiques présentes.....                                            | 34     |
| 1.3.1. Méthodes d'estimation.....                                                         | 34     |
| * Pêche à l'électricité .....                                                             | 34     |
| 1.3.2. En Meuse .....                                                                     | 35     |
| 1.3.2.1. Potentialités biologiques .....                                                  | 35     |
| 1.3.2.2. Détermination des populations ichtyologiques présentes .....                     | 36     |
| 1.3.3. En Lesse.....                                                                      | 36     |
| 1.3.3.1. Potentialités biologiques .....                                                  | 36     |
| 1.3.3.2. Détermination des populations ichtyologiques présentes .....                     | 36     |
| 1.3.4. Dans les étangs voisins.....                                                       | 37     |
| 2. Méthode d'analyse du régime alimentaire .....                                          | 37     |
| 2.1. Pelotes de réjection .....                                                           | 38     |
| 2.1.1. Echantillonnage.....                                                               | 38     |
| 2.1.2. Traitement.....                                                                    | 38     |
| 2.1.2.1. Mise à l'étuve .....                                                             | 39     |
| 2.1.2.2. Tri et blanchiment des structures caractéristiques .....                         | 39     |
| 2.1.3. Analyse et identification des structures osseuses .....                            | 40     |
| 2.1.4. Evaluation du nombre de poissons capturés .....                                    | 41     |
| 2.1.5. Détermination de la taille des poissons consommés .....                            | 41     |
| 2.1.5.1. Mesure des structures anatomiques .....                                          | 41     |

|                                                                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.5.2. Estimation de la taille des poissons consommés .....                                                | 42        |
| 2.1.6. Détermination de la biomasse ingérée.....                                                             | 42        |
| 2.1.7. Estimation du niveau de prédation .....                                                               | 43        |
| 2.2. Données du régime hydrique des deux cours d'eau .....                                                   | 43        |
| 3. Traitement des données.....                                                                               | 44        |
| 3.1. Encodage des données.....                                                                               | 44        |
| 3.2. Analyse statistique.....                                                                                | 44        |
| <b>III. RESULTATS ET INTERPRETATION.....</b>                                                                 | <b>46</b> |
| 1. Evaluation de la population hivernante au dortoir.....                                                    | 46        |
| 2. Régime alimentaire du grand cormoran<br>en Meuse et en Lesse .....                                        | 47        |
| 2.1. Importance des différentes espèces de poissons dans le<br>régime .....                                  | 47        |
| 2.1.1. Au dortoir de Vas'ti-Frotte .....                                                                     | 47        |
| 2.1.1.1. Régime alimentaire de novembre 2001 à mars 2002 .....                                               | 48        |
| * En nombre de proies.....                                                                                   | 48        |
| * En poids des proies.....                                                                                   | 49        |
| * En terme d'occurrence .....                                                                                | 49        |
| 2.1.1.2. Comparaison du régime alimentaire avec les populations<br>ichtyennes .....                          | 50        |
| 2.1.2. Au dortoir de Villers-sur-Lesse.....                                                                  | 52        |
| 2.1.2.1. Régime alimentaire de février à mars 2002 .....                                                     | 52        |
| * En nombre de proies.....                                                                                   | 52        |
| * En poids des proies.....                                                                                   | 53        |
| * En terme d'occurrence .....                                                                                | 54        |
| 2.1.2.2. Comparaison du régime alimentaire avec les populations<br>ichtyennes .....                          | 55        |
| 2.1.3. Comparaison du régime alimentaire des grands cormorans<br>hivernant sur la Meuse ou sur la Lesse..... | 56        |
| 2.2. Evolution des captures au cours<br>de la période d'hivernage.....                                       | 58        |
| 2.2.1. Au dortoir de Vas'ti-Frotte .....                                                                     | 58        |
| 2.2.2. Au dortoir de Villers-sur-Lesse.....                                                                  | 61        |
| 2.3. Structure de la taille des proies consommées.....                                                       | 63        |
| 2.3.1. Au dortoir de Vas'ti-Frotte .....                                                                     | 63        |
| 2.3.1.1. Taille des poissons dans l'alimentation<br>des grands cormorans.....                                | 63        |
| 2.3.1.2. Comparaison avec les classes de tailles dans la population....                                      | 64        |
| 2.3.2. Au dortoir de Villers-sur-Lesse.....                                                                  | 67        |
| 2.3.2.1. Taille des poissons dans l'alimentation<br>des grands cormorans.....                                | 67        |

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.2.2. Comparaison avec les classes de tailles dans la population.....                        | 68 |
| 2.4. Evaluation de la ration alimentaire journalière.....                                       | 68 |
| 2.4.1. Au dortoir de Vas'ti-Frotte .....                                                        | 68 |
| * En nombre de proies.....                                                                      | 68 |
| * En poids des proies.....                                                                      | 69 |
| 2.4.2. Au dortoir de Villers-sur-Lesse.....                                                     | 70 |
| * En nombre de proies.....                                                                      | 70 |
| * En poids des proies.....                                                                      | 71 |
| 3. Estimation de l'influence du débit dans la prise alimentaire....                             | 72 |
| 3.1. Chez les hivernants de Vas'ti-Frotte.....                                                  | 72 |
| 3.2. Chez les hivernants de Villers-sur-Lesse .....                                             | 73 |
| 4. Influence du grand cormoran sur les peuplements<br>ichtyologiques de Meuse et de Lesse ..... | 74 |
| 4.1. En Meuse.....                                                                              | 74 |
| 4.2. Sur la Lesse.....                                                                          | 75 |
| IV. DISCUSSION .....                                                                            | 76 |
| 1. Régime alimentaire.....                                                                      | 76 |
| ♦ Au dortoir de Vas'ti-Frotte.....                                                              | 76 |
| ♦ Au dortoir de Villers-sur-Lesse .....                                                         | 79 |
| 2. Evolution du régime alimentaire.....                                                         | 81 |
| V. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....                                                             | 83 |
| BIBLIOGRAPHIE                                                                                   |    |
| ANNEXES                                                                                         |    |

# *INTRODUCTION*

## INTRODUCTION

Le Grand Cormoran, et plus particulièrement sa variété continentale *Phalacrocorax carbo sinensis* Blum., fait parler de lui en Europe, au grand mécontentement des pêcheurs et pisciculteurs, mais à la satisfaction des ornithologues et défenseurs de la nature.

Considéré comme une espèce pratiquement éteinte il y a moins de quarante ans (Marion, 1997 ; Jacob et al., 1999 ; Trollet, 1999 ; Paquet, 2000), de par les vagues de persécutions dont il était l'objet, celui-ci a vu ses effectifs augmenter de façon exponentielle depuis le début des années 1980, croissance démographique faisant notamment suite à la directive européenne de 1979 (directive 79/409 relative aux oiseaux sauvages) destinée à la protection de l'espèce.

A l'origine très peu représenté chez nous, hormis en Flandre (Trollet, 1999), la population, essentiellement hivernante, a étendu son aire de répartition jusqu'à notre territoire et l'on peut actuellement dénombrier chez nous quelques quatre mille individus en période d'hivernage. Jusqu'il y a peu, ces oiseaux grégaires se concentraient essentiellement le long de la Meuse et de ses grands affluents, comme la Sambre, rivières cyprinicoles très productives, et n'alarmaient donc pas outre mesure les associations de pêcheurs et pisciculteurs (Jacob et al., 1999 ; Paquet, 2001). Mais il s'avère qu'actuellement les grands cormorans remontent jusqu'à la tête des rivières et sur des cours d'eau plus petits, à caractère salmonicole, et s'attaquent donc à des espèces moins abondantes comme l'ombre, *Thymallus thymallus* L. (Jacob et al., 1999 ; FSPFB, 1999 ; Paquet, 2000).

Après le formidable essor qu'a connu l'espèce, la tendance est aujourd'hui à la stabilisation mais cet oiseau n'en reste pas moins gênant et inquiétant pour le monde de la pêche et de la pisciculture (Baccetti et al., 1993 ; Goyon, 1993 ; Sottiaux, 1996 ; Soyeurt, 1999).

Connu comme étant un prédateur piscivore au sommet de la chaîne trophique, pêcheurs et pisciculteurs le soupçonnent d'être la cause, non régulée - si ce n'est par des prédateurs occasionnels -, d'importantes chutes de productivité piscicole dans les milieux naturels et artificiels, ainsi que de disparitions d'espèces.

Ces jugements sont-ils fondés ? Cela s'avère être plus que probablement le cas dans de nombreux étangs artificiels et petits cours d'eau (Marion, 1997 ; Jacob et al., 1999 ; Paquet, 2000 ; Paquet, 2001). Mais il ne faut cependant pas faire du grand cormoran un bouc émissaire et lui attribuer tous les maux dont souffrent nos points d'eau. Car si l'on disposait de preuves formelles attestant que le cormoran peut exercer une forte prédation selon son milieu de pêche, amoindrissant ainsi les stocks de poissons et bouleversant également la structure des communautés ichthyologiques, l'eutrophisation et l'aménagement des zones humides (et, par là, la destruction des habitats) n'auraient toutefois pas une moindre

responsabilité dans ces changements regrettables (De nie, 1995 ; Marion, 1997 ; Paquet, 2000 ; Paquet, 2001 ; Uiblein et al., 2001).

Même si l'influence de ce prédateur sur nos rivières peut paraître claire, nul ne peut néanmoins préciser avec exactitude l'impact réel du grand cormoran sur les communautés de poissons de nos cours d'eau sans avoir recours à une étude plus poussée que la simple observation.

C'est dans cette optique que s'inscrit ce mémoire. En effet, l'étude du régime alimentaire du grand cormoran dans le bassin mosan nous donnera des informations précieuses sur la ration quotidienne de cet oiseau ainsi que sur les proportions selon lesquelles on retrouve les différentes espèces de poissons. Nous avons ainsi choisi comme site de recherche deux dortoirs de cormorans, un sur la Meuse, cours d'eau de type cyprinicole, l'autre sur la Lesse, de type salmonicole, dans le but de mettre en évidence les différences de capture entre ces deux types de cours d'eau.

Pour cela, nous avons eu recours à l'analyse des pelotes de régurgitation prélevées sur les deux dortoirs. Il s'agit de pelotes de mucus renfermant les structures osseuses des poissons qui n'ont pu être digérées par l'oiseau et qui, par conséquent, sont rejetées quotidiennement (Zijlstra & Van Eerden, 1995 ; Leopold et al., 1998). L'étude de ces pelotes permet d'obtenir des résultats relativement fiables en terme d'espèces consommées, de nombre d'individus par espèce, de taille et de biomasse. Ceux-ci sont ensuite mis en relation avec les peuplements piscicoles présents dans les deux cours d'eau afin, soit de mettre en évidence une corrélation supposée entre ces deux types de données, soulignant ainsi le caractère opportuniste de ce prédateur, soit, au contraire, d'observer une préférence claire du cormoran pour certaines espèces, quelles que soient leurs proportions dans le milieu aquatique. Une comparaison de la structure des communautés ichthyennes, avant et après l'arrivée du grand cormoran, avec la composition du régime alimentaire de celui-ci peut également nous renseigner quant à son rôle dans les changements biocénétiques.

Les récoltes ont également été effectuées lors de périodes de débits significatifs en vue de remarquer une éventuelle variation de la prise alimentaire en fonction du régime hydrique des deux rivières, les grands débits pouvant éventuellement entraver les capacités de capture de l'oiseau.

Avant d'entrer au cœur du sujet de cette étude, il nous paraît fondamental d'introduire le phénomène général de prédation vis-à-vis des peuplements ichthyologiques d'eau douce. Nous exposerons ensuite les grandes caractéristiques de l'écologie du grand cormoran ainsi que les étapes de son évolution démographique au cours des dernières décennies. Puis, nous traiterons de la méthodologie employée et des sites choisis pour cette étude. Nous présenterons enfin nos résultats, qui seront interprétés et discutés, et nous terminerons par nos conclusions.

*SYNTHESE*  
*BIBLIOGRAPHIQUE*

## I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

### 1. Prédation et impact sur les communautés ichthyologiques.

Les milieux d'eau douce peuvent s'avérer extrêmement complexes de par la multitude de relations que les individus entretiennent entre eux, notamment par le biais de la chaîne alimentaire. Ces interactions, hormis leur grande diversité, peuvent aussi se répercuter sur des organismes qui ne possèdent, à priori, aucun lien avec ceux qu'elles impliquent (Dajoz, 2000).

Par conséquent, il convient de dépasser le cadre de la simple relation proie-prédateur au sein des écosystèmes aquatiques et de s'intéresser plutôt aux biocénoses elles-mêmes.

Quel impact peut avoir la prédation sur un type de communautés, les communautés ichthyologiques? C'est à cette question que nous allons tenter de répondre au cours de ce chapitre.

#### 1.1. Définitions et concepts

Avant toute chose, il est primordial de donner quelques définitions et concepts afin de cerner au mieux ce phénomène complexe qu'est la prédation.

##### 1.1.1. Prédation, communauté, superprédateur

Il est difficile de donner une définition stricte de la prédation, vu la complexité de ses mécanismes que l'on peut rencontrer à l'état naturel. La plus commune nous désigne la **prédation** comme étant le processus par lequel un organisme en tue un autre pour se nourrir. Certains auteurs (Dajoz, 2000) parlent d'organismes libres pour exclure les parasites des prédateurs.

De façon générale, « une population de prédateurs exploite une population de victimes si et seulement si le fitness moyen de la victime est diminué par l'accroissement de son prédateur

et le fitness moyen du prédateur est augmenté par l'élévation de celui de sa victime. » (Taylor, 1984).

Une **communauté** ou **biocénose** nous renvoie à un ensemble d'espèces qui coexistent dans un milieu bien délimité dans l'espace, le **biotope**, et qui possèdent entre elles des relations multiples, rendant cet ensemble relativement stable et autonome. La biocénose est caractérisée par sa richesse spécifique, c'est-à-dire le nombre d'espèces qu'elle comporte, ainsi que par l'abondance relative des espèces constitutives, soit le nombre d'individus que compte chaque espèce (Campbell, 1995 ; Dajoz, 2000).

Cette diversité spécifique est généralement mesurée par l'indice de Shannon :

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Dans cette équation,  $p_i$ , l'abondance relative de chaque espèce, est le rapport du nombre d'individus de l'espèce  $i$  ( $n_i$ ) sur le nombre total d'individus ( $N$ ), soit :  $n_i/N$

Les communautés renferment des superprédateurs, au sommet de la chaîne trophique. Ceux-ci exercent un effet régulateur sur les autres espèces, essentiel pour le maintien de la richesse spécifique de la biocénose. Par leur prédation, ils favorisent en fait la diversité spécifique en modulant la compétition entre espèces de proies. Ils réduisent ainsi la densité des compétiteurs forts, empêchant l'exclusion compétitive des compétiteurs faibles et donc un appauvrissement de la diversité spécifique.

Ce mécanisme de modulation de la compétition par les superprédateurs autochtones a été mis en évidence par Paine en 1960 (Campbell, 1995).

Paine a travaillé sur une étoile de mer, prédateur dominant de la zone intertidale de l'état de Washington, et sur ses espèces-proies de moules. En éliminant *Pisaster ochraceus* (Brandt) artificiellement, il a constaté que *Mytilus californianus* L., sa proie favorite, était devenue le compétiteur dominant et avait éliminé sept des quinze espèces de la communauté.

### 1.1.2. Théorie de la recherche optimale de nourriture

« Les pressions de sélection conduisent les prédateurs à rechercher leurs proies de la façon la plus efficace possible, à la fois en minimisant le temps et l'énergie passés dans la recherche, c'est-à-dire en cherchant là où les proies sont les plus abondantes, et en optimisant le gain d'énergie obtenu, c'est-à-dire en consommant les proies apportant le plus d'énergie (souvent les plus grosses). » (Dajoz, 2000).

La meilleure proie est donc celle qui apporte le maximum d'énergie pour un coût minimum de capture. Cela souligne bien l'importance de la taille de la proie par rapport à celle du prédateur. En effet, nombreux sont les prédateurs qui ne choisissent pas leurs proies sur base de leur abondance mais plutôt en fonction de leur taille. Cela a pour conséquence une modification de la structure d'âge et de l'évolution des populations de proies, de même qu'un changement de la taille chez les espèces de la communauté de proies (Dajoz, 2000).

### 1.1.3. Diversité des régimes alimentaires

Les prédateurs poussent rarement leurs proies, et par conséquent leur propre espèce, à l'extinction. Ainsi, certains prédateurs changent de ressource alimentaire quand la population d'une proie régresse. Ils peuvent aussi réagir en montrant une préférence pour une proie, variable selon l'abondance relative de cette proie. Il s'agit du phénomène de « switching » (Dajoz, 2000) dont le cormoran constitue un bon exemple (Keller, 1995 ; Warke & Day, 1995 ; Neuman *et al.*, 1997 ; Leopold *et al.*, 1998). On peut donc distinguer les prédateurs monophages, dont le régime alimentaire est limité à une seule espèce, des oligophages, au régime centré sur quelques espèces voisines, et des polyphages se nourrissant de plusieurs espèces différentes. On parle également d'espèces sténophages et euryphages, selon que leur régime alimentaire est respectivement restreint à une faible gamme ou, au contraire, composé d'une large variété de proies (Hallet-Libois, 1985).

Suivant les saisons, la disponibilité de l'aliment et l'activité du prédateur, celui-ci peut aussi se tourner vers des proies très différentes. En outre, le régime alimentaire varie fréquemment au cours du stade de développement, en réponse à des modifications du système digestif, de la forme de la bouche et des dents.

Le hareng, *Clupea harengus* L., par exemple, présente différentes phases au cours desquelles le choix des espèces-proies varie. Lorsque sa taille est comprise entre 6 et 13 millimètres, il consomme préférentiellement des Ciliés, Copépodes et Périidiniens. Par contre, au-delà de 125 millimètres, son choix se porte sur des Ptéropodes, des Euphausiacées, des Amphipodes et des poissons de petite taille tels que des ammodytes (Dajoz, 2000).

Le capitaine, *Lates niloticus* L., redoutable prédateur piscivore à l'âge adulte, se nourrit d'invertébrés au cours de son stade larvaire (Moss, 1980).

#### 1.1.4. Stratégies de capture

Différentes stratégies de capture s'observent dans l'environnement.

Certains prédateurs se postent à l'affût, en attente du passage d'une proie, comme c'est le cas du brochet (*Esox lucius* L.) ou du martin-pêcheur (*Alcedo atthis* L.) (Hallet-Libois, 1985).

D'autres, comme le cormoran, pratiquent une recherche active des proies.

D'autres encore chassent en groupe, fabriquent des pièges ou emploient des outils (Goldberg, 1998).

#### 1.1.5. Prédateurs interactifs

Les communautés aquatiques d'eau douce sont influencées non pas par une seule espèce ou classe de prédateurs dominante, mais plutôt par plusieurs prédateurs interagissant, directement ou non. Les raisons de cette interaction entre prédateurs sont multiples. Parmi celles-ci, le choix limité des habitats pour les proies, le nombre restreint de façons de détecter et de capturer les proies dans les zones limnétiques et la forte sélectivité du processus de prédation sont les plus importantes.

Lorsqu'il s'agit d'une interaction directe, on peut observer la consommation d'un des prédateurs par l'autre, ce qui affecte l'abondance et la distribution de cette première espèce. Par contre, dans le cas où ces prédateurs interagissent indirectement, la préférence d'un prédateur pour un type particulier de proie influe sur l'abondance et la classe de taille des proies consommées par d'autres prédateurs (Zaret, 1980).

Connaissant à présent les différents concepts qu'englobe la notion de prédation, nous pouvons nous pencher plus longuement sur les effets que celle-ci peut avoir sur les communautés.

### 1.2. Prédation et structuration des communautés

#### 1.2.1. Effets directs : la cascade trophique

Les concepts traditionnels de dynamique des espèces étudiées séparément ne reflètent que trop mal la réalité et ne fournissent donc pas un guide théorique satisfaisant. Cependant, lorsque l'on étend les limites du système à la biocénose et, par là, aux interactions trophiques,

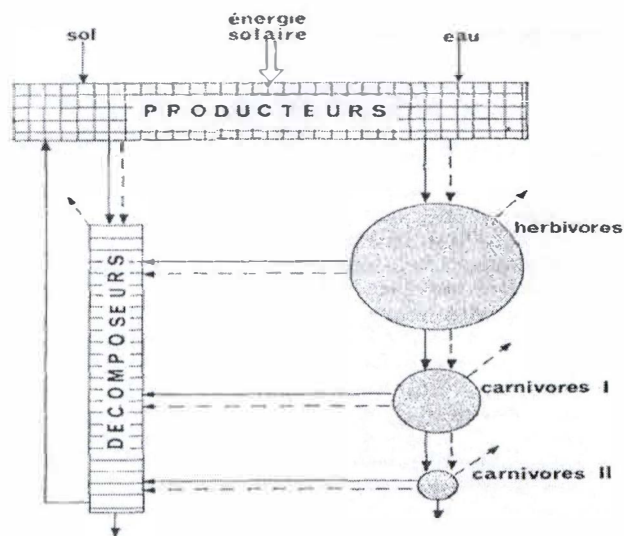


Figure I .1 : Transfert de matières et d'énergie dans la chaîne trophique (Dajoz, 2000).

Tandis que la matière (traits pleins) se trouve constamment recyclée, l'énergie (traits discontinus), quant à elle, va petit à petit se dissiper sous forme de chaleur.

force est de constater que ces dernières peuvent être fondamentales pour la structure et le fonctionnement des communautés naturelles.

Les chaînes alimentaires sont souvent de structure très compliquée et la prédation apparaît décisive pour le maintien de cette organisation.

Dans les écosystèmes lacustres, la prédation est à la fois fondamentale de par son effet sur la structuration des communautés de poissons et de plancton et ses effets indirects sur les espèces des communautés de proies.

#### 1.2.1.1. Qu'est-ce qu'une chaîne trophique ?

Une **chaîne trophique**, appelée aussi **chaîne alimentaire**, est une suite d'organismes dans laquelle les uns mangent ceux qui les précèdent dans la chaîne avant d'être mangés par ceux qui les suivent (Dajoz, 2000).

Le long de cette chaîne, on peut observer, d'une part, une augmentation de la taille des espèces accompagnée d'une réduction du nombre d'individus à chaque échelon et, d'autre part, un transfert de matière et d'énergie vers les maillons supérieurs (Neill, 2001 ; Dajoz, 2000) (figure 1.1). Le contrôle de ce flux s'effectue à partir des niveaux trophiques supérieurs (Neill, 2001).

Différentes chaînes trophiques peuvent présenter des interconnexions et ce, grâce à la présence des espèces omnivores dans les communautés.

Une mesure de la stabilité des biocénoses peut être donnée par la connectance, à savoir le rapport entre le nombre réel de liaisons trophiques existant entre les différentes espèces constitutives d'un réseau trophique et le nombre maximum potentiel de ces mêmes liaisons (Dajoz, 2000).

$$C = L/S^2$$

Dans cette équation, L correspond au nombre réel de liaisons trophiques et S représente le nombre d'espèces.

Selon Dajoz (2000), quel que soit le nombre total d'espèces coexistant au sein d'une communauté, on retrouverait de l'ordre de 50 % d'espèces autotrophes, 44 % d'espèces appartenant aux niveaux intermédiaires et de 6 % d'espèces superprédatrices, sans prédateur.

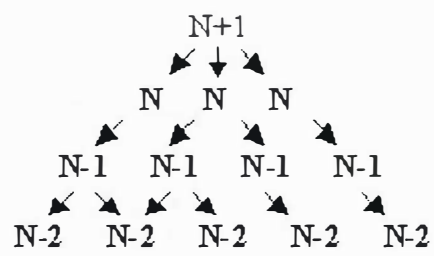


Figure I .2 : Modèle linéaire de la cascade trophique

### 1.2.1.2. Théorie de la cascade trophique : le « Top-Down Control »

Les superprédateurs vont réguler les populations en réduisant les effectifs de leurs proies, situées à des niveaux trophiques inférieurs.

Il a été démontré que, par ce fait, les prédateurs Vertébrés, au sommet de la chaîne trophique, possèdent de grandes opportunités de provoquer des changements, même très éloignés dans le réseau alimentaire et ce, malgré leur très faible contribution dans la biomasse et la production des écosystèmes aquatiques (Moss, 1980 ; Neill, 2001).

Carpenter et ses collaborateurs (1985) ont ainsi élaboré la « **Théorie de la cascade trophique** », selon laquelle « des effets en cascade se propagent au sein des réseaux trophiques, depuis les superprédateurs jusqu'aux producteurs autotrophes. »

Au départ imaginée comme un modèle linéaire, celle-ci prend plus fréquemment l'allure d'un modèle ramifié.

#### \* Modèle linéaire

Selon ce modèle, les prédateurs du niveau trophique  $n+1$  vont consommer des proies appartenant au niveau  $n$ , elles-mêmes se nourrissant au niveau  $n-1$ , correspondant aux prédateurs du niveau  $n-2$ ,... (figure I.2) et influencer ainsi sur l'abondance et la productivité de ces différents niveaux trophiques, façonnant de cette façon la structure biocénotique et provoquant des changements consécutifs dans la plupart des fonctions de l'écosystème.

Divers cas d'introduction rendent bien compte de cette influence, comme celui de l'introduction de la perche du Nil, *Lates niloticus*, dans le lac Victoria (Lévêque, 1997 ; Lévêque & Paugy, 1999 ; Dajoz, 2000) ou celle du sandre, *Sander lucioperca* (L.), en Europe (Cowx, 1997). Ils nous montrent également la façon dont une prédation excessive, et non modérée comme il se doit, peut aboutir, par le biais des chaînes trophiques, à un appauvrissement de la diversité spécifique ainsi qu'à des modifications radicales des communautés. On peut aussi remarquer, via par exemple l'introduction de la lamproie de mer (*Petromyzon marinus* L.) (Moss, 1980), à quel point la disparition des prédateurs autochtones, sous la pression d'espèces exotiques, peut avoir des conséquences considérables sur la biodiversité.

Des prédateurs autochtones pourraient eux-mêmes avoir un impact néfaste sur la diversité des poissons de nos cours d'eau lorsque leur croissance s'avère forte et non régulée. Tel serait parfois le cas du grand cormoran, dont il sera plus longuement question par la suite.

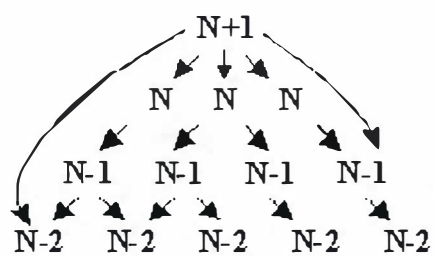


Figure I .3 : Modèle ramifié de la cascade trophique

En effet, la prédation et le parasitisme sont réglés par le couple proie-prédateur qui induit une coévolution pour une survie ensemble à long terme. Par conséquent, les souches de prédateurs qui auront le plus de chances de survie seront celles qui épargnent leurs proies. C'est pourquoi, lors d'introductions de prédateurs comme la perche du Nil, la consommation, incontrôlée par ce phénomène de coévolution, a conduit à une prolifération du prédateur allochtone.

La prédation par les zooplanctonophages répond également bien au modèle linéaire de la cascade trophique. Ceux-ci occupent d'ailleurs une position clef dans la chaîne alimentaire. C'est par eux et leur alimentation sélective que vont s'opérer des changements au sein des communautés de zooplancton et, par là, des modifications dans tout le réseau trophique (Zaret, 1980).

#### \* Modèle ramifié

C'est dans le milieu aquatique que cette théorie se confirme le mieux. Dans un lac, par exemple, les prédateurs du niveau trophique  $n+1$ , peuvent se nourrir de proies appartenant au niveau  $n$ , mais également aux niveaux  $n-1$  et  $n-2$ , structurant ainsi la biocénose via des changements dans l'abondance et la productivité de ces différents niveaux du réseau trophique (Dajoz, 2000) (figure I.3).

**NB :** Les zooplanctonophages se situent à un niveau phare de la chaîne alimentaire, le seul probablement à suivre une voie unique dans le réseau trophique.

#### 1.2.1.3. Conclusion

Comme on a pu maintes fois le constater, les prédateurs autochtones modérés ont un rôle limitant sur les populations de proies, favorisant de cette façon la diversité spécifique. Ils vont donc façonner la structure des biocénoses, la rendant plus complexe et, de ce fait, plus stable.

#### 1.2.2. Effets indirects de la prédation

Outre le contrôle des effectifs de proies par leur simple action de prédation, les prédateurs ont l'opportunité d'agir sur la composition des communautés en contribuant au recyclage et à la mobilisation des nutriments. Ils vont aussi influencer sur les classes de taille et le comportement des peuplements de proies.

### 1.2.2.1. Impact des superprédateurs sur le recyclage des nutriments.

Contrairement au « Top-Down Control », les ressources disponibles peuvent aussi jouer le rôle principal dans la régulation des populations. Le contrôle se fait alors à partir des maillons les plus bas dans la chaîne trophique, à savoir les producteurs primaires, via l'apport de nutriments. C'est ce que l'on nomme le « Bottom-Up Control » (Schiemer, 1995 ; Jefferies, 2000). Ces deux effets sont opposés mais peuvent intervenir simultanément.

Les superprédateurs vont intervenir dans le taux de mobilisation et de recyclage des nutriments, soit en l'accentuant, soit en le réduisant.

#### \* Influence des poissons

Afin de pouvoir rendre compte de l'effet des poissons sur les écosystèmes aquatiques via leur contribution au recyclage des nutriments, de simples expériences d'introductions de poissons dans des étangs peuvent s'avérer très concluantes.

On peut en effet observer une plus grande mobilisation du phosphore par libération du SRP (Soluble Reactive Phosphate) dans les excréments, rendant celui-ci disponible alors pour le plancton (Moss, 1980).

En outre, les poissons zooplanctonophages entraînent une régression du zooplancton.

Tous ces mécanismes favorisent les blooms d'algues bleues unicellulaires, amenant ainsi un appauvrissement de la diversité et une diminution de la complexité structurale du système.

Cependant, un court-circuit de la chaîne des nutriments peut aussi avoir une portée bénéfique. En effet, une remise en disponibilité des nutriments, bloqués dans les proies, diminue la compétition chez les espèces consommatrices de phytoplancton, par accroissement de la production de ce dernier.

#### \* Influence des oiseaux piscivores

Le cas est différent lorsqu'il s'agit d'oiseaux piscivores, tels que le cormoran, passant la nuit dans un dortoir, hors de l'eau. Ceux-ci n'excrètent ni ne défèquent dans l'eau mais prélèvent cependant bien des matières hors du système aquatique. Ils entraînent donc une perte d'éléments nutritifs, et non plus un gain, avec toutes les conséquences que cela peut avoir.

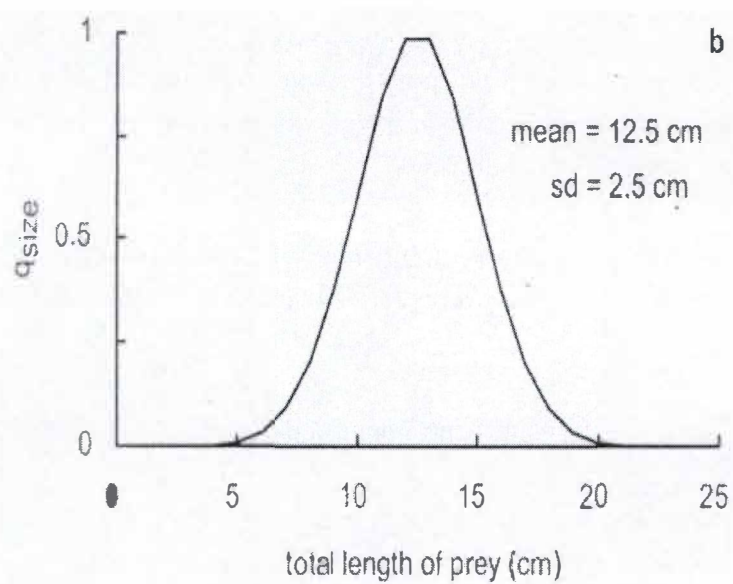


Figure I.4 : Courbe de gamme de tailles de proies préférentielle du grand cormoran, IJsselmeer. (Mous, 2000).

#### 1.2.2.2. Impact des superprédateurs sur les classes de taille dans les populations de proies.

Selon Libois (1984), les prédateurs de vertébrés consomment généralement de petites proies. Ce phénomène s'explique surtout par la limitation que constitue la taille de l'ouverture de la bouche des prédateurs.

Par une prédation sélective sur certaines gammes de tailles, ces prédateurs vont alors fortement altérer la distribution normale des tailles dans les populations de proies.

Ainsi, par exemple, le grand cormoran et notamment sa sous-espèce continentale, *Phalacrocorax carbo sinensis* Blum., pêche en IJsselmeer les poissons de tailles essentiellement comprises entre 5 et 20 centimètres, quelle que soit l'espèce (Mous, 2000). Il pourrait donc, par ce fait, interférer dans la reproduction des espèces de proies dont les reproducteurs se retrouvent dans cette gamme de tailles (figure 1.4).

Un exemple frappant de poissons piscivores influençant fortement la structure des populations de poissons-proies est celui de la cohabitation des populations de gardons et de perches qui va façonner la structure d'âge (Persson, 1988 ; Persson *et al.*, 1992). Les perches adultes, carnivores, sont en effet limitées par la taille de leur bouche et vont donc exercer leur prédation sur les petites classes de tailles de gardons, qui vont par conséquent diminuer. En réponse à cette régression, on peut observer une augmentation du taux de croissance et une amélioration de la fécondité des gardons. De plus, les petites perches, pas encore carnivores, sont en compétition avec les gardons pour la nourriture. Or, l'effectif des petits gardons étant déjà nettement réduit sous l'effet de la prédation, le nombre de petites perches peut croître davantage, mais cette croissance est freinée par le cannibalisme dont font preuve les perches adultes.

#### 1.2.2.3. Impact des superprédateurs sur le comportement des proies.

La présence de prédateurs dans leur environnement ne va pas laisser les proies indifférentes. Celles-ci vont adopter de nombreux comportements très divers afin d'optimiser leurs chances de survie.

On peut par exemple citer ici les migrations verticales des proies (Eckmann & Imbrocks, 1996), la nage en banc (Taylor, 1984), l'adoption d'un rythme nycthéral d'activités (Reebs *et al.*, 1995 ; Reebs *et al.*, 1997), l'atténuation du comportement de territorialité (Martel, 1996) ou encore les soins parentaux (Moss, 1980). Ce ne sont là que quelques cas parmi la multitude d'autres comportements acquis par les proies en présence du prédateur.

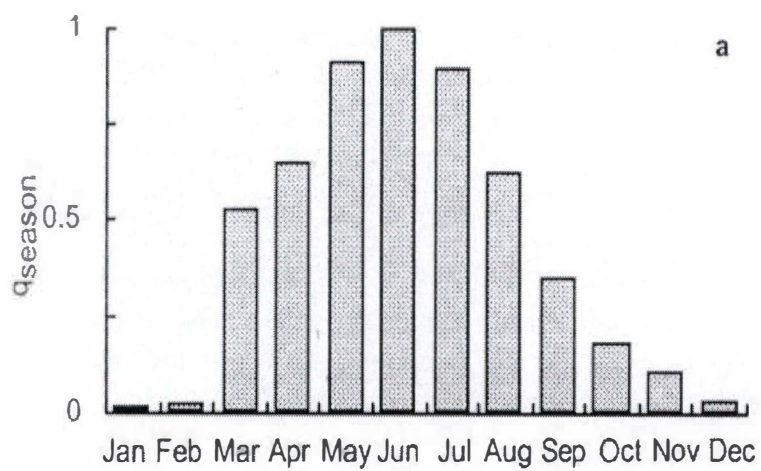


Figure I .5 : Variation saisonnière de la prédation du grand cormoran dans l'IJsselmeer (Mous, 2000).

Considérant l'existence de deux grands types de superprédateurs dans les écosystèmes d'eau douce, à savoir les poissons et oiseaux piscivores, il nous a paru intéressant de relever brièvement les équivalences et les divergences que ceux-ci présentent entre eux.

### 1.3. Comparaison de l'impact de la prédation par les poissons ichtyophages avec celle des oiseaux piscivores.

Il est d'abord important de se rendre compte que la survie de la proie est souvent meilleure lorsque oiseaux et poissons prédateurs coexistent, simplement par le biais d'interférences entre ces deux types de prédateurs (Crowder *et al.*, 1997).

Les différences entre ces prédateurs sont multiples. On peut en retenir quelques-unes.

Par exemple, les interactions entre les poissons piscivores et leurs proies subsistent tout au long de l'année.

Les oiseaux piscivores, quant à eux, vont exercer une action sur les biocénoses ichtyologiques différente selon qu'il s'agit d'espèces migratrices, comme le grand cormoran, ou pérennes, tel le héron, *Ardea cinerea* L.. En effet, le cormoran, principalement hivernant dans nos régions, ne pêche de ce fait pas des alevins à peine éclos mais déjà des poissons plus âgés. Cet oiseau aura donc un impact saisonnier sur la communauté qui s'avérerait sans doute différent de celui du héron, présent toute l'année.

C'est ainsi que l'on a par exemple constaté en IJsselmeer, où l'espèce est nicheuse, une régression des populations de poissons dès le printemps, suivie d'un essor en automne, ces fluctuations étant corrélées avec les migrations du cormoran (Mous, 2000) (figure 1.5).

Chez les oiseaux piscivores, des stratégies de chasse différentes peuvent également agir de façon distincte. La pêche en bande des grands cormorans, par exemple, visant les espèces pélagiques, se démarque effectivement bien de la pêche en solitaire, pour laquelle la capture touche plus particulièrement les individus benthiques, mais aussi les malades, les moins rapides, etc (Van Dobben, 1995 ; Van Eerden & Voslamber, 1995).

Les oiseaux sont ensuite des prédateurs qui chassent à vue. Ils sont donc dépendants de la transparence de l'eau pour pouvoir aisément repérer leurs proies. Cependant, la transparence de l'eau provoque la concentration des poissons dans les eaux plus profondes. Ce comportement réduit fortement l'efficacité de recherche alimentaire des oiseaux suite non seulement à une visibilité moindre, mais encore aux coûts énergétiques accrus pour des plongées à plus grande profondeur (Grémillet & Wilson, 1999).

Cette dépendance à la clarté se rencontre aussi chez les poissons piscivores diurnes.

Par contre, les poissons prédateurs nocturnes vont utiliser leur odorat pour repérer les proies et ne rencontreront donc aucune difficulté à chasser sur toute la hauteur de la colonne d'eau (Reebs *et al.*, 1997).

Il est encore intéressant de songer au ralentissement du métabolisme des ectothermes en hiver (Eckert *et al.*, 1999). Les poissons, tant les proies que les prédateurs, nagent donc moins vite à cette époque. Ce n'est pas le cas des oiseaux piscivores, endothermes. Ceux-ci vont alors pouvoir accroître leur efficacité de prédation en poursuivant des proies moins rapides (Van Eerden & Voslamber, 1995).

Grémillet & Wilson (1999) ont montré que les piscivores plongeurs devront aussi réduire leur temps de pêche afin de limiter les déperditions de chaleur.

C'est en particulier le cas du grand cormoran, au plumage perméable (The Cambridge Encyclopedia of Ornithology, 1991), qui devra également compenser ces pertes calorifiques en augmentant sa prise alimentaire. Pour cela, une forte densité de proies est bien entendu requise. C'est pourquoi une chute d'abondance de poissons empêche cette compensation et peut ainsi réduire l'abondance du cormoran.

Enfin, poissons et oiseaux piscivores vont contribuer différemment au recyclage des nutriments. En effet, les éléments nutritifs restent en circuit fermé dans le cas d'une prédation par les poissons. Par contre, les oiseaux peuvent, soit se nourrir sur la terre ferme et larguer leurs fèces dans l'eau, soit prélever des éléments de l'eau sous forme de proies et les libérer par défécation et excrétion en dehors du milieu aquatique (Moss, 1980 ; Jefferies, 2000).

**NB :** Les poissons de petite taille sont des composants essentiels des écosystèmes lacustres. Leurs biomasse et productivité représentent souvent la plus grande part de la production piscicole, par rapport aux poissons de plus grande taille. Or, la plupart des petites espèces sont zooplanctonophages. La prédation qu'elles exercent sur le zooplancton peut donc affecter la qualité de l'eau, par effet de cascade trophique (Mous, 2000 ; Jefferies, 2000).

Dans l'IJsselmeer, par exemple, les poissons et oiseaux prédateurs, consomment majoritairement des petites espèces, dont la plus abondante est l'éperlan, *Osmerus eperlanus* L., un zooplanctonophage. Ils pourraient de cette façon épargner au milieu une trop grande diminution de la qualité de l'eau par accroissement net du phytoplancton, mais leur niveau de prédation ne semble pas assez significatif pour de tels changements (Mous, 2000).

## 1.4. Conclusion

Nous pouvons à présent nous rendre compte de la nécessité de la prédation modérée, exercée par des prédateurs autochtones, pour « modeler » les communautés et maintenir cette structure, tant au niveau de la diversité spécifique qu'au niveau de la complexité des relations trophiques.

Hormis le contrôle des populations de proies par leur simple action de prédation, les prédateurs indigènes ont aussi la capacité d'intervenir dans la composition des communautés en contribuant au recyclage et à la mobilisation des nutriments. Par ailleurs, ils vont aussi exercer une sélection dans les classes de taille et provoquer, par coévolution, des modifications dans le comportement des peuplements de proies.

Au vu des différents rôles des prédateurs **autochtones**, essentiels pour l'écosystème, leur importance au sein des biocénoses est pour le moins indéniable.

## 2. Le grand cormoran, prédateur piscivore, en Europe.

Le grand cormoran, étant entendu que nous ne parlons ici que de sa variété continentale *sinensis*, a, jusqu'ici, fait couler beaucoup d'encre et le fera encore longtemps.

Il serait même pratiquement impossible de citer ici la multitude d'articles traitant de ce prédateur piscivore tant controversé. Ce n'est d'ailleurs pas l'objet de notre propos. Nous pensons qu'il serait en effet absurde et sans grand intérêt de reprendre le travail que de nombreux auteurs ont si bien réalisé avant nous.

Il nous faut néanmoins rappeler quelques caractéristiques essentielles de la biologie du cormoran de même que les grands événements qu'a connus l'espèce en Europe au cours du siècle dernier, en vue de poser les bases nécessaires à l'explicitation de notre recherche.

### 2.1. Généralités

#### 2.1.1. Phylogénèse

Le grand cormoran fait partie de l'ordre des Péléciformes dont la particularité est d'être totipalmés, c'est-à-dire de présenter une membrane palmaire recouvrant la totalité des orteils.



Figure I .6 : Photographie d'un grand cormoran prise à Sclain en juillet 2002 (photo. M. Brohée).

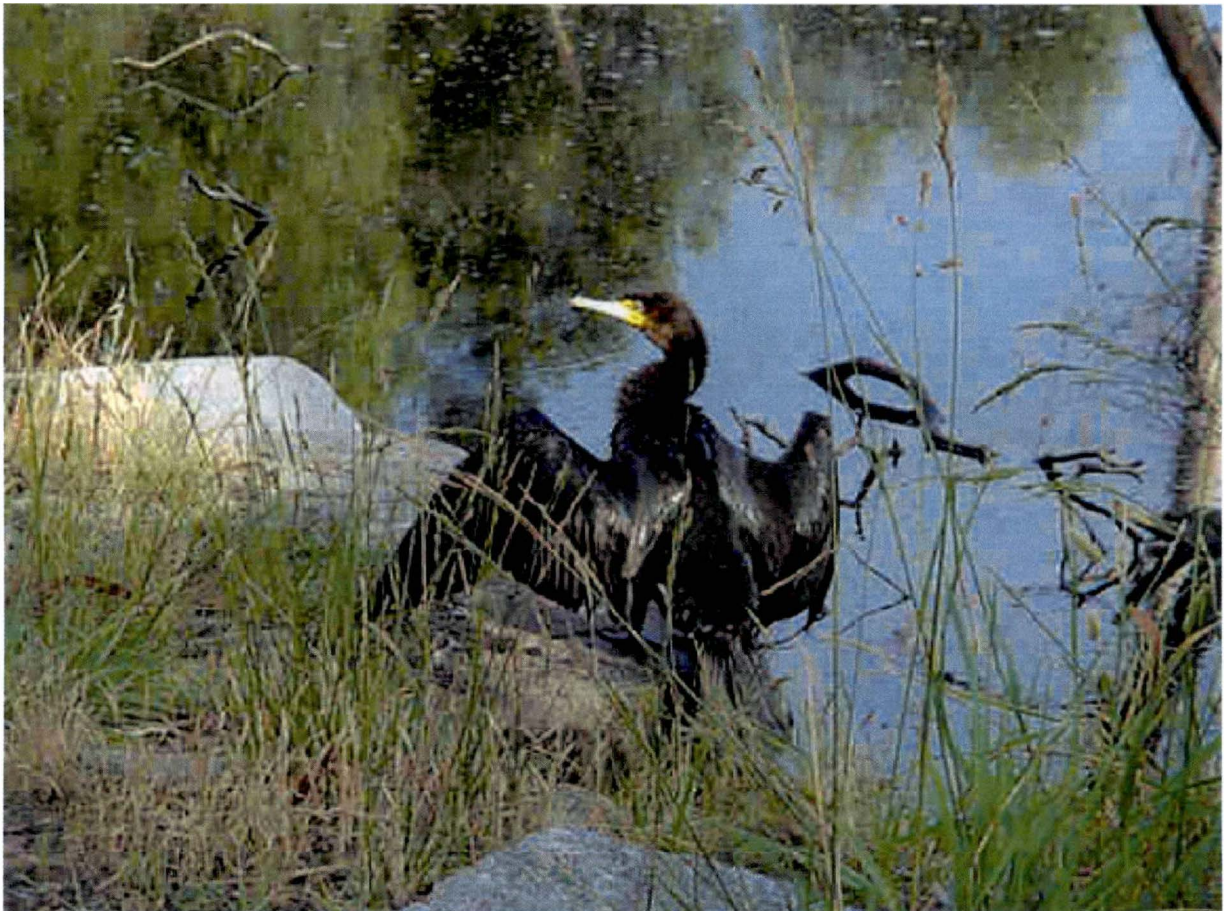


Figure I. 7 : Séchage d'un grand cormoran après une période d'alimentation.  
(<http://home.vicnet.au/~camcroft/cormorant.htm>)

Il appartient ensuite à la famille des *Phalacrocoracidae*. Celle-ci compte 29 espèces, la plupart réparties sur les faibles latitudes, le long des côtes ou aux abords des eaux continentales (Géroudet, 1998 ; The Cambridge Encyclopedia of Ornithology, 1991).

En Europe, on peut recenser trois espèces de cormorans. On retrouve ainsi le cormoran pygmée (*Phalacrocorax pygmaeus* Pall.) dans le sud-ouest, le cormoran huppé (*Phalacrocorax aristotelis* L.) sur les côtes rocheuses de France, de Scandinavie et des îles britanniques, mais surtout le grand cormoran, *Phalacrocorax carbo* L. (Jacob *et al.*, 1999).

Cette dernière espèce comporte deux sous-espèces, à l'écologie bien démarquée : *Phalacrocorax carbo carbo* L., marine et sédentaire, se répartissant le long des côtes, et, bien entendu, *Phalacrocorax carbo sinensis* Blum., continentale et migratrice, actuellement étendue à toute l'Europe (Verheyen, 1951 ; Verheyen, 1967 ; Marion, 1995 ; Marion, 1997).

### 2.1.2. Caractéristiques morphologiques

Surnommé à juste titre le « Viking noir » (Paquet, 2000), le grand cormoran est un grand oiseau au plumage presque entièrement noir. Seules ses joues et sa gorge sont de couleur blanche (figure I.6).

Son puissant bec crochu le rend très bien adapté à un régime exclusivement piscivore.

Comme tous les Pélécaniformes, il présente de plus d'imposantes pattes palmées lui assurant des déplacements subaquatiques aisés. Mais, dépourvu d'un plumage imperméable, il est contraint de se sécher après chaque plongée, les ailes dépliées en croix (figure I.7).

L'envergure du grand cormoran est comprise entre 130 et 160 centimètres et son poids varie aux alentours de 1,7 à 2,8 kilogrammes (Géroudet, 1988).

D'une durée de vie d'environ vingt ans, cet oiseau atteint la maturité vers quatre à cinq ans et peut alors donner chaque année naissance à quatre ou cinq petits (Frederiksen, 2002).

Figure I .8 a et b : Photographies d'une colonie et d'un dortoir de grands cormorans

a) Colonie et nid



(<http://utenti.lycos.it/deltapo/Projects/Colour-ring-projects.htm>)

b) Dortoir



(<http://www.erez.com/gallery/g010900.htm>)

### 2.1.3. Ethologie

#### 2.1.3.1. Socialité et milieu de vie

Oiseaux grégaires, les grands cormorans se rassemblent en colonies pendant la reproduction, et en dortoirs lors de l'hivernage (figures I.8 a et b).

Le choix des colonies est avant tout fonction non pas de l'espace, mais bien de la densité et de la disponibilité en nourriture, premier facteur limitant de leur expansion.

Le second critère intervenant dans le choix d'un site pour la fondation d'une nouvelle colonie est l'espace. En effet, les grandes colonies, pouvant compter jusqu'à 7000 à 8000 paires, sont privilégiées par rapport à celles de moindre capacité, les femelles préférant, par exemple, se reproduire dans des colonies de grande densité (Marion, 1997 ; Frederiksen & Bregnballe, 2002).

Les sites les plus favorables sont donc ceux qui disposent d'une grande densité de poissons et qui, de surcroît, offrent protection et espace aux individus (Marion, 1997 ; Grieco, 1999 ; Van Eerden, 2002).

Le nombre de cormorans qu'une colonie peut accueillir dépend non seulement de l'abondance de nourriture mais aussi de variables saisonnières, diurnes et bathymétriques, à savoir des variables régissant l'abondance des poissons eux-mêmes (Richner, 1995).

Au sein des dortoirs et colonies, les grands cormorans ne semblent pas présenter de territorialité agressive. Cependant, la possession d'un territoire individuel existe bel et bien. En effet, plusieurs études ont remarqué une fidélité des individus à leur dortoir et même à leur branche (Thibault & Patrimonio, 1989 ; Raymond & Zuchuat, 1995 ; Lekuona & Campos, 1998 ; Paquet *et al.*, 2000). Paquet et ses collaborateurs (2000) les qualifient ainsi d'« oiseaux d'habitude ».

Cette fidélité s'avère garantir aux individus la conservation d'un bon perchoir, offrant sécurité et protection, de même que le maintien d'un statut auprès des congénères.

Si l'on souhaite observer le grand cormoran dans son habitat naturel, il faut donc partir à la recherche de grands feuillus, de 10 à 20 mètres de hauteur, situés aux abords de l'eau, dans une zone offrant une protection face aux différentes sources de perturbations, mais aussi face aux éventuels prédateurs, tels le renard. Peupliers, saules, aulnes, bouleaux, hêtres et platanes sont ainsi ses arbres de prédilection. (Martucci & Consiglio, 1991 ; Jacob *et al.*, 1999).

Par conséquent, on retrouve les colonies et dortoirs principalement sur des îles, comme celle de « Vas'ti-Frotte » à Jambes, ou dans des boisements riverains.

Dortoirs et sites de pêche sont généralement séparés. Il est en effet plutôt rare de voir un site répondre simultanément aux exigences divergentes requises par ces deux types de milieux. Cependant, la distance de vol les séparant ne doit en aucun cas ni dépasser les capacités de l'oiseau, ni requérir des coûts énergétiques trop importants. Ainsi, dans la littérature, la distance maximale est comprise entre 30 et 35 kilomètres (Lekuona & Campos, 1998 ; Jacob *et al.*, 1999).

### 2.1.3.2. Comportement et choix alimentaires

Le cormoran est bien connu en tant qu'ichtyophage opportuniste, à la fois au niveau des proies recherchées et des tailles prélevées mais également au niveau des milieux fréquentés et du mode de pêche utilisé (solitaire ou collective), et peut s'avérer être un bon indicateur de l'abondance relative des espèces de poissons présentes dans le milieu (Neuman *et al.*, 1997 ; Van Eerden, 2002).

Son régime alimentaire répond tout d'abord à la disponibilité relative des différentes espèces de poissons et de classes de tailles dans le milieu (Keller, 1995 ; Leopold *et al.*, 1998 ; Frederiksen, 2002 ; Frederiksen & Bregnballe, 2002). Voilà aussi pourquoi ce prédateur choisit réciproquement son milieu de vie en fonction de la densité des proies.

On peut ainsi observer des variations spatiale et temporelle du régime de l'oiseau, jusqu'à constater des différences entre colonies et dortoirs d'une même région.

Le type et la proportion des espèces consommées vont effectivement varier en fonction de l'habitat (lacs eutrophes ou non, rivières salmonicoles ou cyprinicoles), des caractéristiques bathymétriques de la zone de pêche, de la distance à parcourir pour atteindre l'habitat privilégié des proies, des comportements de ces proies, etc (Neuman *et al.*, 1997 ; Suter, 1997).

De même, les changements saisonniers survenant dans les peuplements de poissons, les besoins accrus en hiver, avant la reproduction ou la migration et aussi l'acquisition de l'expérience de pêche chez les oiseaux plus jeunes vont se répercuter dans les prises alimentaires du cormoran (Dirksen *et al.*, 1995 ; Neuman *et al.*, 1997 ; Leopold *et al.*, 1998).

Il faut ensuite savoir que l'opportunisme du cormoran s'applique aussi aux sites de pêche. On sait en effet que ces oiseaux se concentrent principalement sur les eaux continentales, qu'elles soient naturelles ou artificielles, ouvertes ou fermées, 84 pour cent des *P. c. sinensis* chassant à l'intérieur des terres (Marion, 1997). Mais le grand cormoran pêche également dans les estuaires. Cependant, il n'effectue que rarement des pêches au large. Les conditions physiques (vagues déferlantes rendant les eaux très turbides et la profondeur trop importante) s'y prêtent effectivement peu pour lui (Builles *et al.*, 1986).

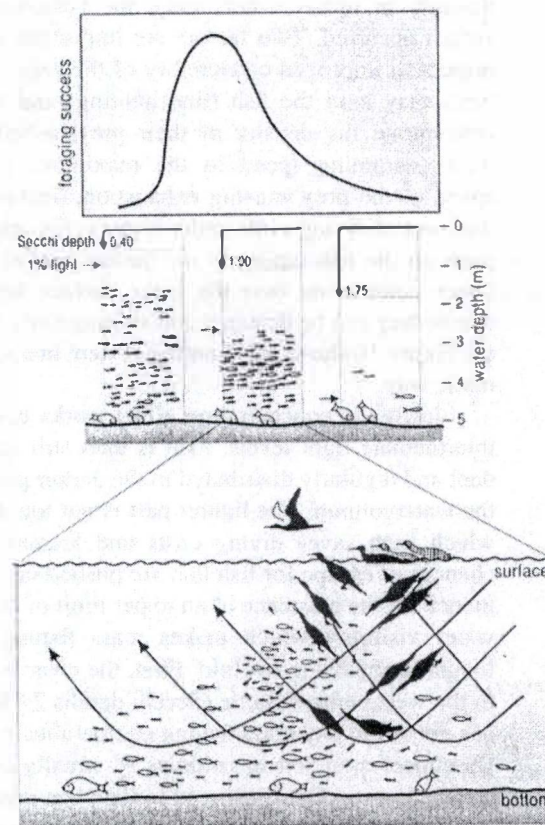


Figure I.10 : Schéma du mode de pêche subaquatique employée par les grands cormorans (Van Eerden & Voslamber, 1995).



Figure I .9 : Photographies d'un groupe de pêche de grands cormorans  
(<http://www.dsv.nl/~jeroen/birds.html>)



Figure I .11 : Photographie d'un reposoir de grand cormoran  
(<http://www.assateague.com/data-bird/an-birds-summer.asp>)

Le grand cormoran présente enfin deux modes de pêche, l'un privilégié par rapport à l'autre selon les conditions du milieu aquatique principalement : la pêche solitaire, aux captures hétérogènes, ou la pêche collective, aux prises plus homogènes (figure I.9). Bien que différentes de par le nombre d'individus impliqués, ces deux pratiques répondent toutefois au même schéma : après un plongeon à partir de la surface, les oiseaux remontent avec leurs proies et les avalent hors de l'eau (figure I.10).

Alors que la première méthode était auparavant la plus pratiquée et permettait la capture d'espèces généralement benthiques (Van Dobben, 1952), la seconde l'a supplantée au cours de la première moitié des années 1970 (Van Dobben, 1995 ; Van Eerden & Voslamber, 1995).

Cette modification du comportement alimentaire de l'oiseau coïncide avec l'intensification de l'eutrophisation et la canalisation des cours d'eau, accélérant l'écoulement. Toutes deux sont en cause dans l'augmentation de la turbidité et, par conséquent, dans la diminution de la visibilité subaquatique, ainsi que dans les changements de biocénoses ichtyennes au profit de poissons pélagiques, de tailles relativement faibles, formant des bancs.

C'est pourquoi la pêche collective, pouvant regrouper plusieurs centaines d'individus (Dirksen *et al.*, 1995) et étant donc uniquement efficace en eaux troubles et pour de fortes densités de poissons, a été favorisée au cours des dernières années. Elle correspond en fait à la détérioration des conditions nécessaires à la pêche en solitaire (Van Dobben, 1995 ; Van Eerden & Voslamber, 1995 ; Van Eerden *et al.*, 1995 ; Suter, 1997).

La pêche sociale autorise des durées d'immersion plus courtes, un meilleur succès de capture et la prise de proies beaucoup plus grandes que l'autre mode de pêche (Lekuona & Campos, 1997 ; Lekuona & Campos, 1998). Selon Lekuona & Campos (1997, 1998), la pêche en groupe aurait aussi augmenté parallèlement à l'accroissement de la densité de l'espèce car elle permettrait la création de nouveaux dortoirs par réduction du rayon d'alimentation. Or, la distribution des dortoirs sur les rivières serait conditionnée par la distance de vol à parcourir quotidiennement jusqu'au site de pêche.

N.B. : Bien que les cormorans soient des prédateurs visuels, des formations de pêche collective ont déjà été observées à des profondeurs nettement supérieures à 10 mètres. Cela signifie qu'ils sont aptes à repérer leurs proies par le toucher, pour autant que la densité de poissons soit importante ou que les proies soient suffisamment immobiles (lors des agrégations d'hivernage, par exemple) (Voslamber *et al.*, 1995).

Au cours d'une journée d'hivernage, les oiseaux circulent entre trois sites : le dortoir, le(s) lieu(x) de pêche et les reposoirs (figure I.11).

Les départs du dortoir se produisent en masse entre une demi-heure avant et une heure après le lever du soleil. Les trajets ensuite effectués dépendent du succès de pêche de chaque individu. En effet, le cormoran étant un piscivore plongeur au plumage perméable, la température de l'eau et la profondeur de plongée, surtout, mais aussi les techniques de recherche et, bien-sûr, la disponibilité des proies vont influencer sur les coûts énergétiques et le temps de plongée, variant généralement de 20 à 45 secondes (Géroutet, 1988). Ces coûts

devront être compensés par une prise alimentaire quotidienne plus ou moins conséquente (Grémillet & Wilson, 1999).

On peut ainsi, lorsqu'une seule plongée a suffi à obtenir la ration quotidienne nécessaire, estimée en moyenne à  $340 \pm 95$  grammes par jour (Marion, 1997), observer des retours au dortoir après 10 à 15 minutes de pêche. A contrario, une première plongée infructueuse poussera les individus à entamer une seconde période d'alimentation l'après-midi. Les oiseaux se retrouvent alors aux reposoirs entre les deux moments de chasse et retournent au dortoir le soir venu (Builles *et al.*, 1986 ; Martucci & Consiglio, 1991 ; Jacob *et al.*, 1999).

Il existe toutefois des limites à l'opportunisme du grand cormoran.

On peut, par exemple, observer une préférence du grand cormoran pour des poissons pélagiques se regroupant en bancs (gardons et perches), soit pour des poissons très grégaires (Dirksen *et al.*, 1995 ; Leopold *et al.*, 1998).

Même si cela s'explique par une augmentation de la turbidité qui a poussé ce prédateur visuel à choisir des proies peu cryptiques, Suter (1997) a remarqué que la dominance du gardon dans le régime de l'oiseau serait, à grande échelle, plutôt due à une préférence du cormoran pour cette espèce qu'à son abondance dans le milieu. La forte proportion du gardon et de la perche dans le régime alimentaire, à l'échelle globale, serait également associée à la faiblesse du grand cormoran pour les lacs eutrophes et les grands fleuves accueillant d'importantes densités de ces espèces de proies.

Selon Jacob et ses collaborateurs (1999), il semblerait ensuite que la proximité d'étangs à cyprins le long des rivières soit un argument prépondérant pour la fréquentation du réseau hydrographique de Haute Belgique. Les cormorans partageraient ainsi leur prédation entre les rivières mixtes et salmonicoles et ces étangs à cyprins. C'est notamment le cas sur la Lesse, au niveau du dortoir de Villers-sur-Lesse, où l'oiseau visite à la fois la rivière et les étangs proches, comme ceux de Serinchamps et de Ciergnon.

Cette hypothèse paraît bien renforcer les choix alimentaires généralement observés chez l'oiseau. Cela s'est aussi vérifié en Angleterre (Feltham *et al.*, 1999).

Enfin, bien que le grand cormoran soit apte à ingérer des poissons de tailles conséquentes, même s'il reste toutefois limité par l'ouverture de son bec, les longueurs des proies les plus prélevées sont comprises entre 5 et 20 centimètres, et vont jusqu'à 35 centimètres pour les poissons longilignes, comme les anguilles, ne constituant cependant qu'une faible proportion de son régime (Marion, 1997 ; Mous, 2000).

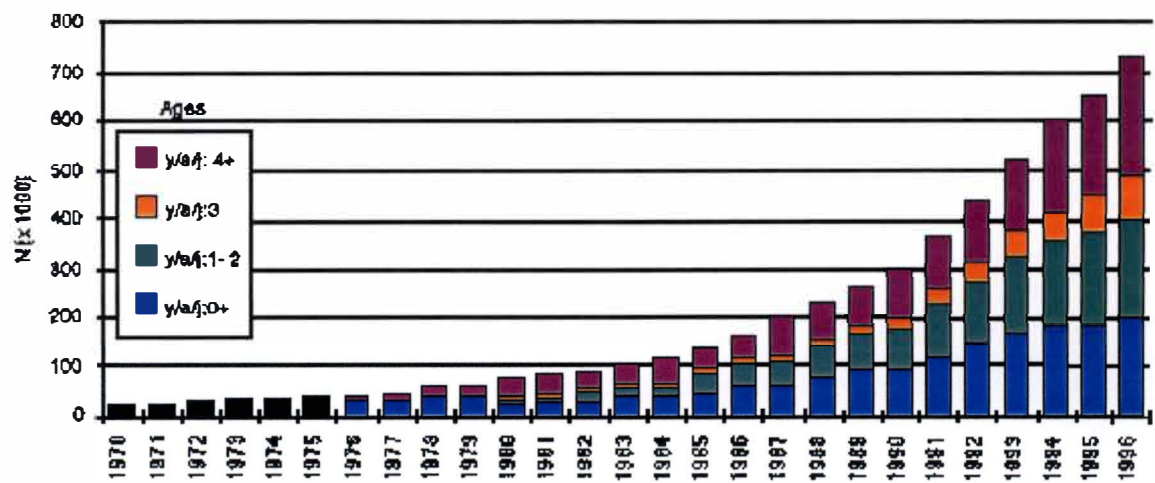


Figure I .12 : Evolution du grand cormoran en Europe de 1970 à 1996. (European Alliance of Anglers, 1998).

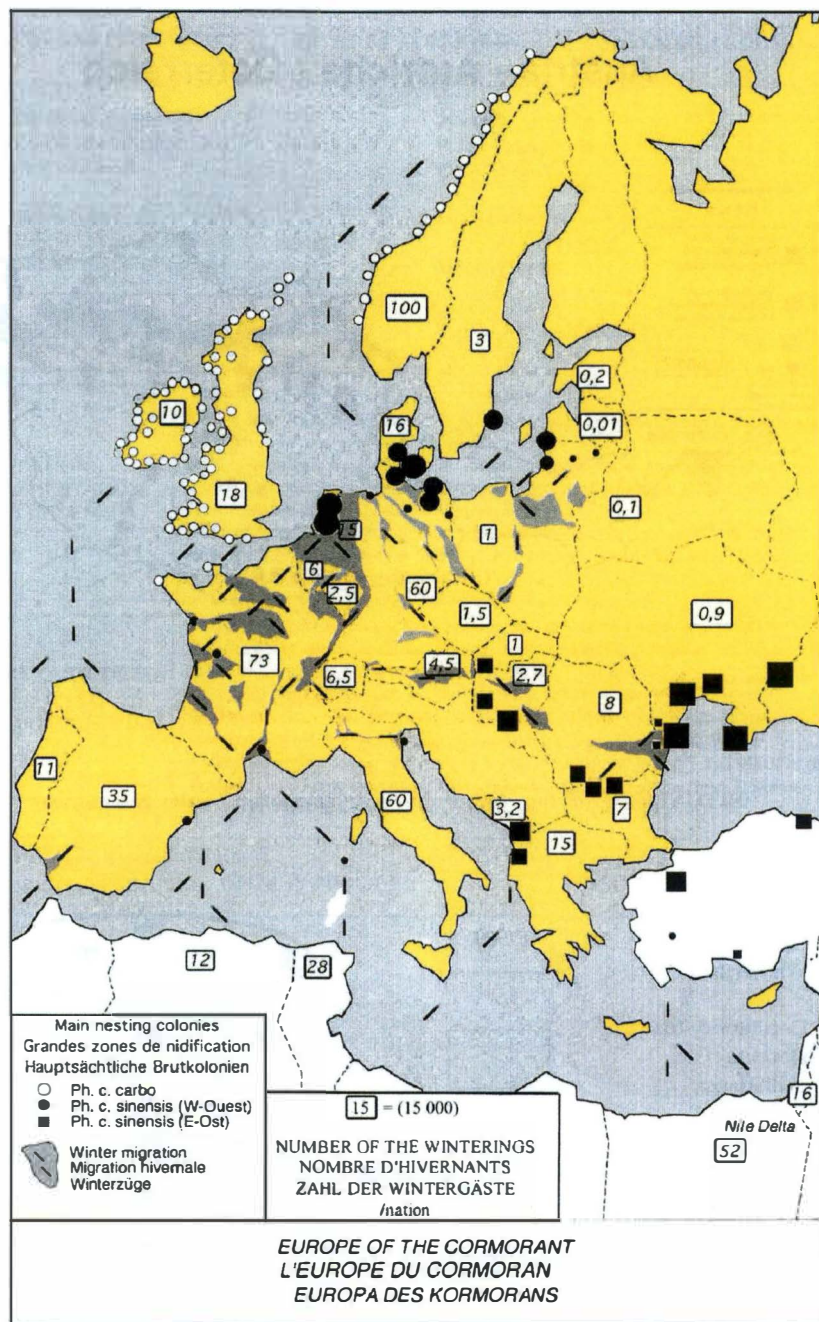


Figure I . 13 : Répartition des grands cormorans en Europe et leurs voies de migration hivernale (European Alliance of Anglers,

## 2.2. Evolution démographique

Avant le 19<sup>ème</sup> siècle, le grand cormoran nichait essentiellement au Danemark, en Allemagne du Nord et aux Pays-Bas.

Mais, au cours du 19<sup>ème</sup> siècle a débuté la vague de persécutions qui mena l'espèce au bord de l'extinction. Ces massacres étaient principalement motivés par la volonté d'éliminer ce piscivore concurrent. La poldérisation aux Pays-Bas, menant à l'assèchement de nombreuses zones humides auparavant favorables à l'espèce, en a accéléré le déclin (Marion, 1997 ; Trolliet, 1999).

Les populations de cet oiseau ont ensuite connu un sursaut dans les années 1930, mais la guerre en a rapidement eu raison. L'espèce aurait pu reprendre de l'ampleur après 1945. Cependant, l'utilisation de pesticides dès 1950 ainsi que la pollution et ses conséquences, telle la diminution des ressources alimentaires, l'en ont malheureusement empêchée.

Des deux sous-espèces de *Phalacrocorax carbo*, c'est *sinensis* qui fut la plus touchée, la race côtière *carbo* étant beaucoup moins accessible et le nombre de colonies de *sinensis* plus limité, de par la plus faible disponibilité de sites favorables.

C'est ainsi qu'en 1970, la population de *sinensis* ne dépassait plus 5700 couples en Europe du Nord, soit un quart des effectifs de *carbo*. Ce chiffre représente à peine la densité normale d'une seule colonie (Marion, 1997).

En raison de ce désastre écologique, la stricte protection de l'espèce et de son habitat lui a été octroyée via la directive européenne du 2 avril 1979 relative à la conservation des oiseaux sauvages (Directive 79/409) (Marion, 1997 ; Jacob *et al.*, 1999).

Au cours des années 1980, la population de *sinensis* a ainsi connu un boom démographique, affichant une croissance annuelle moyenne de 12,4 pour cent. Les effectifs européens ont de cette façon atteint les 143.000 à 160.000 couples en 1995, surpassant donc en moins de dix ans la population de *carbo* (Marion, 1995 ; Marion, 1997). Les figures I.12 et I.13 montrent respectivement l'évolution des grands cormorans en Europe depuis 1970 et leur répartition en 1998.

La protection de l'espèce n'est pas l'unique raison de son expansion. Elle a également profité de la protection et de la création de sites favorables à sa nidification et à son hivernage, de l'arrêt de l'utilisation de certains pesticides mais aussi de l'augmentation des ressources alimentaires disponibles, conséquence de l'eutrophisation et du rempoissonnement (De nie, 1995 ; Marion, 1997 ; Paquet, 2000 ; Paquet, 2001 ; Uiblein *et al.*, 2001).

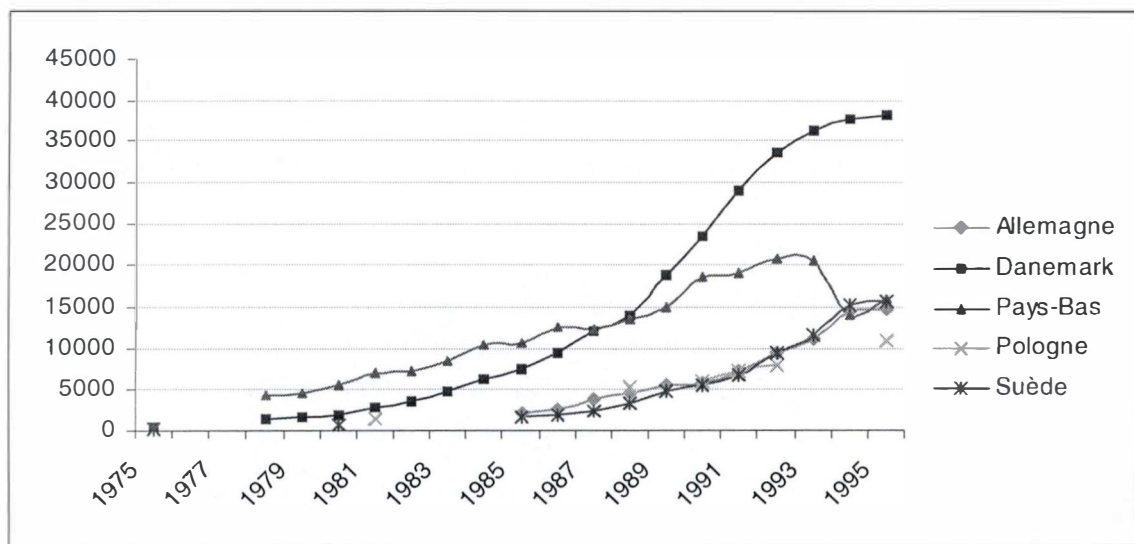


Figure I.14 : Evolution du nombre de couples nicheurs de grands cormorans, *Phalacrocorax carbo sinensis*, dans les principaux pays de nidification (d'après Trolliet, 1999).

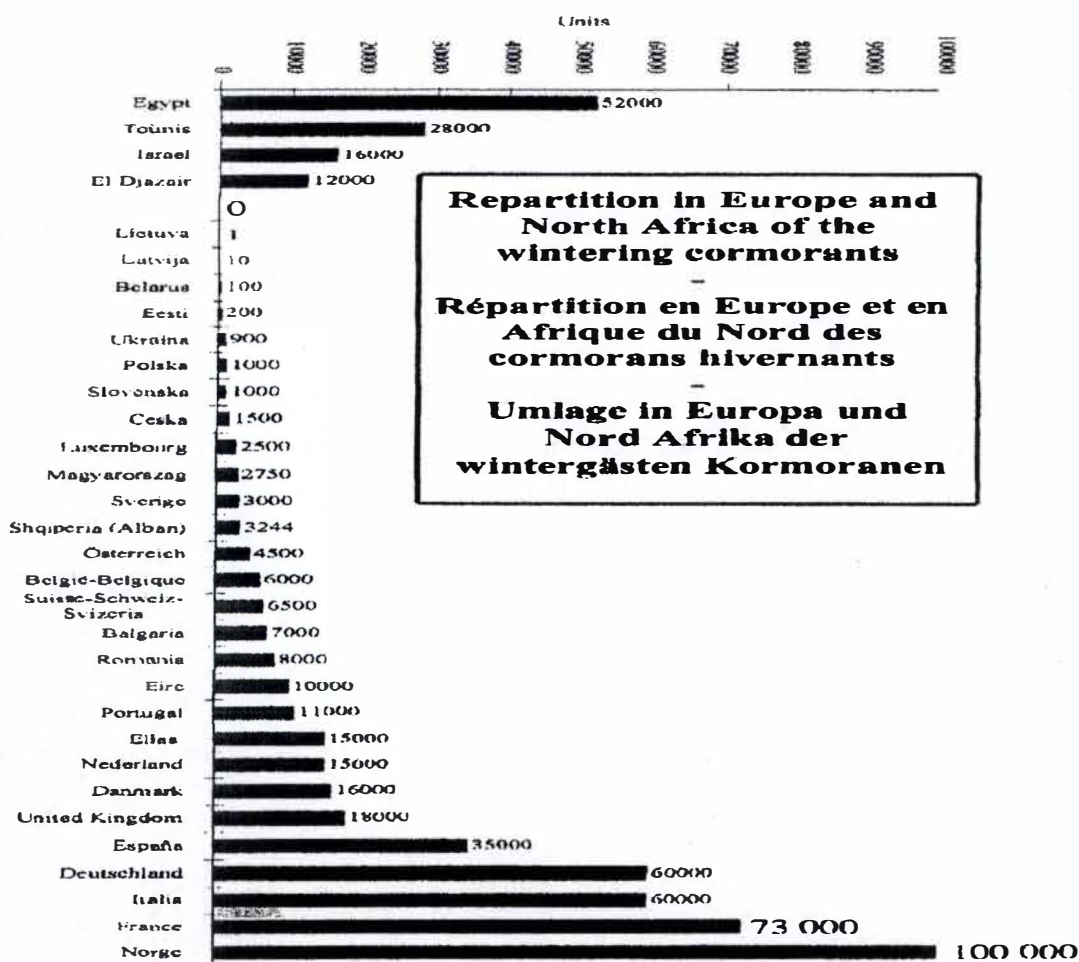


Figure I.15 : Répartition des grands cormorans hivernants en Europe et en Afrique du Nord (European Alliance of Anglers, 1998).

Cette croissance exponentielle a ensuite laissé place à une certaine stabilisation, marquée dans toute l'Europe dès le milieu des années 1990.

Après un aperçu global de l'évolution des effectifs de grands cormorans en Europe, nous pouvons nous pencher sur les changements plus locaux qui sont survenus au cours de ces dernières années dans les deux grands types de pays pour l'espèce, à savoir les pays de nidification et les pays d'hivernage.

### 2.2.1. Situation dans les grands pays de reproduction

Présentes dans une vingtaine de pays d'Europe, les populations nicheuses de *Phalacrocorax carbo sinensis* fréquentent particulièrement les pays bordant la mer du Nord et la mer Baltique ainsi que les abords des grands fleuves. C'est ainsi que l'on recense les plus grands rassemblements de grands cormorans au Danemark, dans l'IJsselmeer aux Pays-Bas, en Suède, en Allemagne et en Pologne (Trollet, 1999 ; Frederiksen & Bregnballe, 2002).

Dans ces pays, la population de *sinensis* a connu une croissance exponentielle dès les années 1980 (figure I.14), en passant, par exemple, de 600 couples au Danemark en 1975 (2080 aux Pays-Bas en 1970) à 38.301 en 1995 (16.000 pour les Pays-Bas) (Trollet, 1999).

Alors qu'en 1995 la population de *sinensis* se répartissait dans seulement 300 colonies pour la totalité de l'Europe, on observe, depuis quelques années, une nette augmentation de leur nombre, par formation de colonies plus petites, moins favorables à la reproduction et à la survie des individus (Marion, 1997 ; Grieco, 1999 ; Paquet, 2001).

Cette tendance traduit très probablement l'essoufflement de l'expansion de l'espèce et le déclenchement du processus de stabilisation des effectifs.

Ce ralentissement dans l'accroissement des effectifs de reproducteurs s'explique sans doute par le manque de nouveaux sites pouvant accueillir un grand nombre de nicheurs, les interventions humaines destinées à freiner l'expansion des colonies ainsi que les fluctuations des peuplements de poissons en place (Bregnballe, 2002).

Actuellement, l'expansion du cormoran l'amène à coloniser de nouvelles régions d'Europe occidentale ou à retourner dans des zones dont il avait disparu lors des persécutions, comme en Flandre, par exemple (Draulans, 1989).

### 2.2.2. Situation dans les grands pays d'hivernage et en Wallonie

Le grand cormoran fait partie des grands migrateurs saisonniers. Après une longue période de reproduction, s'étendant de mars-avril, moment de la ponte, à septembre, cet oiseau effectue, dès le mois d'octobre, un long voyage vers le sud, de près de 2000 à 4000 kilomètres, en suivant trois axes principaux. La voie occidentale s'étend des Pays-Bas jusqu'à l'Espagne et le Portugal, en passant par la Belgique et la France. La voie orientale part des pays baltes pour rejoindre la Grèce, Israël et l'Égypte. Quant à la voie centrale, celle-ci concerne les nicheurs danois passant par l'Allemagne pour aboutir enfin à l'Espagne, via la France, ou à l'Italie, via la Suisse (Marion, 2002).

Le nombre de cormorans atteignant les pays d'hivernage les plus septentrionaux dépend fortement du climat, et spécialement de la longueur des périodes de gel et de l'importance des niveaux d'eau (Zuna-Kratky & Mann, 1995).

La migration connaît un pic en novembre, puis se stabilise en décembre-janvier avant le début des retours en février. Les immatures sont les derniers à quitter le pays d'hivernage, vers mars-avril.

En 1995, les effectifs hivernants de grands cormorans totalisaient quelques 410.000 individus, pour les 27 pays du Nord-Ouest de l'Europe. Pour l'hiver 2001-2002, on prévoit d'observer une hausse de ce chiffre à 470.000 têtes (Marion, 2002).

Bien que tout le continent soit touché par l'hivernage du grand cormoran, cinq pays représentent à eux seuls 70 pour cent de ce nombre : la Norvège, tout d'abord, suivie de la France, de l'Italie, de l'Espagne et, enfin, de l'Allemagne (figure I.15).

Cependant, les hivernants norvégiens appartenant à une population principalement sédentaire, la France arrive en fait en tête des pays d'accueil des hivernants migrateurs. L'effectif, dénombré en janvier, y est passé de 4.000 oiseaux en 1970 à 83.000 en 1999.

Quoique le nombre des hivernants ne cesse de croître, la tendance démographique, à l'instar des pays de reproduction, est actuellement à la stabilisation. Ainsi, en France, le taux de croissance annuelle était seulement de 1 % entre 1999 et 2001 contre 7 % entre 1997 et 1999 et 15 % entre 1970 et 1992 (Marion, 2002).

#### **\* Situation en Wallonie**

Migrateur rare dans notre région au cours des années 1970, le grand cormoran est devenu peu à peu régulier et, lors de l'hiver 1990-1991, une première population hivernante,

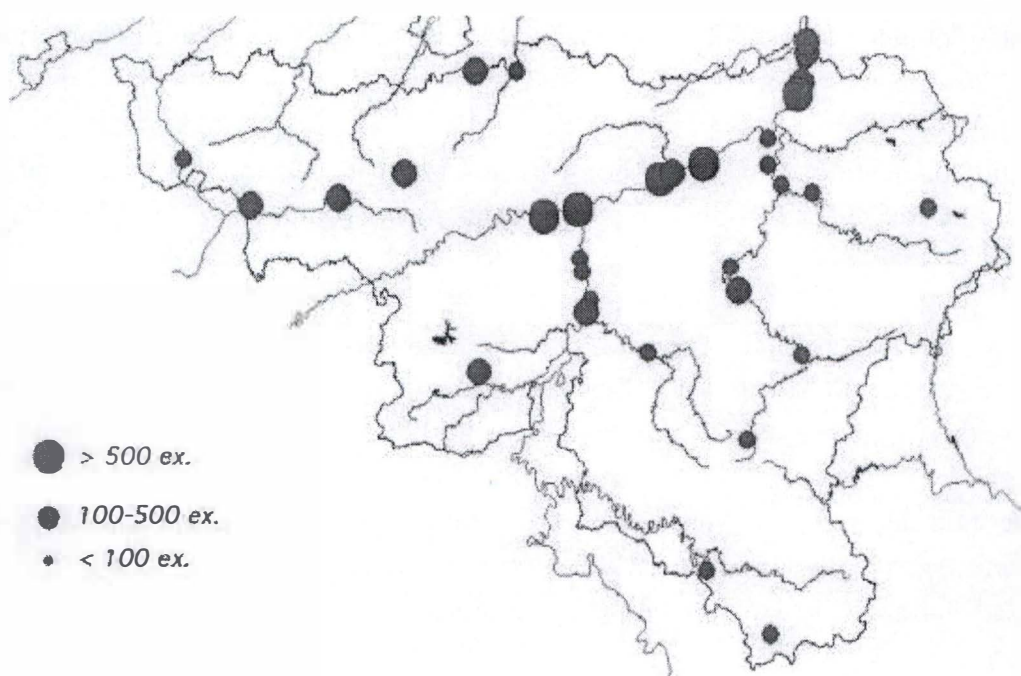


Figure I .16 : Distribution des dortoirs hivernaux de grands cormorans en Wallonie le 23/12/1999 (d'après J.P. Jacob AVES MRW/DGRNE/OFFH).

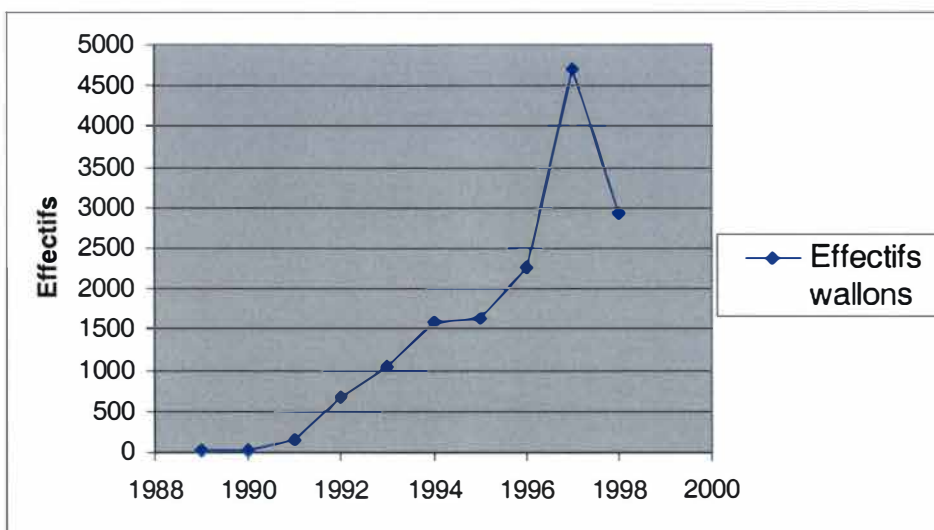


Figure I.17 : Evolution des effectifs de grands cormorans en janvier en Wallonie de 1989 à 1998 (d'après Jacob et al., 1999).

N.B. : Les 4.704 individus dénombrés en janvier 1997 sont le résultat de la forte vague de froid qui a contraint les oiseaux à migrer plus au sud. Ce chiffre reflète sans doute la capacité maximale d'accueil de notre région.

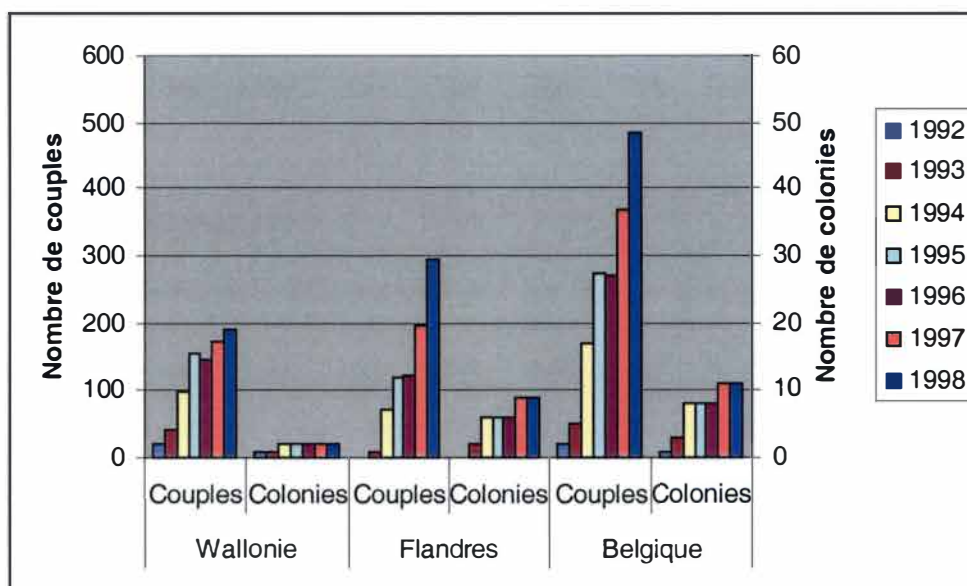


Figure I.18 : Evolution de la nidification du grand cormoran en Belgique (d'après J.P. Jacob AVES MRW/DGRNE/OFFH).

essentiellement issue des Pays-Bas et du Danemark, s'est établie en Meuse liégeoise (Lotuche & Schaeken, 1991).

Après 1996, cet oiseau a acquis le statut d'hivernant commun dans toute la vallée de la Meuse belge et sur ses principaux affluents (Sambre, Lesse, Ourthe) (Paquet, 2000 ; Paquet, 2001). Ainsi, comme le montre la figure I.16, la plupart des zones susceptibles de les accueillir sont maintenant occupées.

Actuellement, la population hivernante s'est stabilisée autour de 2500 à 3000 individus (figure I.17) dont plus des trois quarts se concentrent et pêchent en Meuse et en Basse Sambre.

De plus, deux colonies se sont établies à Obourg et Harchies (province du Hainaut) dès 1992, totalisant, avec les sept colonies de Flandre, environ 450 couples en 2000 (figure I.18) (Bregnballe, 2002).

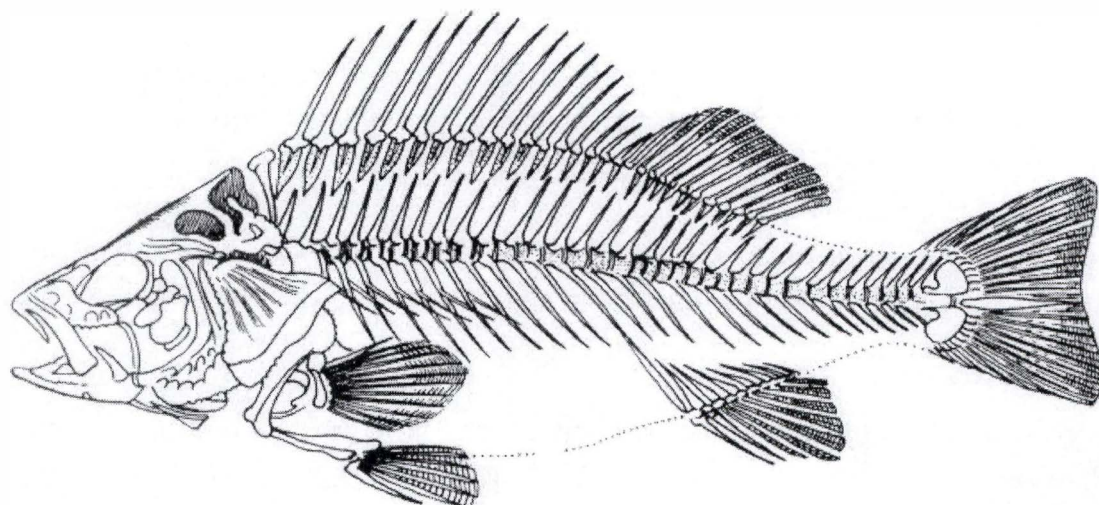
## 2.3. Problématique du grand cormoran : influence-t-il les communautés de poissons ?

### 2.3.1. Etude du régime alimentaire

L'étude du régime alimentaire s'avère fréquemment être une bonne base pour évaluer non seulement la corrélation entre le choix du cormoran et les peuplements piscicoles présents dans la zone de pêche, mais également les préférences qu'il montre envers certaines classes de tailles et qui le rendent de cette façon impliqué dans les changements de structure des peuplements piscicoles (Keller, 1995 ; Leopold *et al.*, 1998).

Une analyse pleinement accomplie du régime alimentaire du grand cormoran demande que l'on s'intéresse à la fois aux espèces et classes de taille consommées, mais aussi aux habitudes alimentaires de ce prédateur. Connaître les zones de pêche, les heures de départ et de retour au dortoir sont le genre d'informations qu'un bon chercheur se doit de récolter s'il veut étudier en profondeur les choix alimentaires de l'oiseau. Aussi cette étude a-t-elle recours à trois méthodes, chacune possédant ses propres avantages mais également ses biais et limitations (Johnstone *et al.*, 1990 ; Davies & Feltham, 1996).

a)



b)

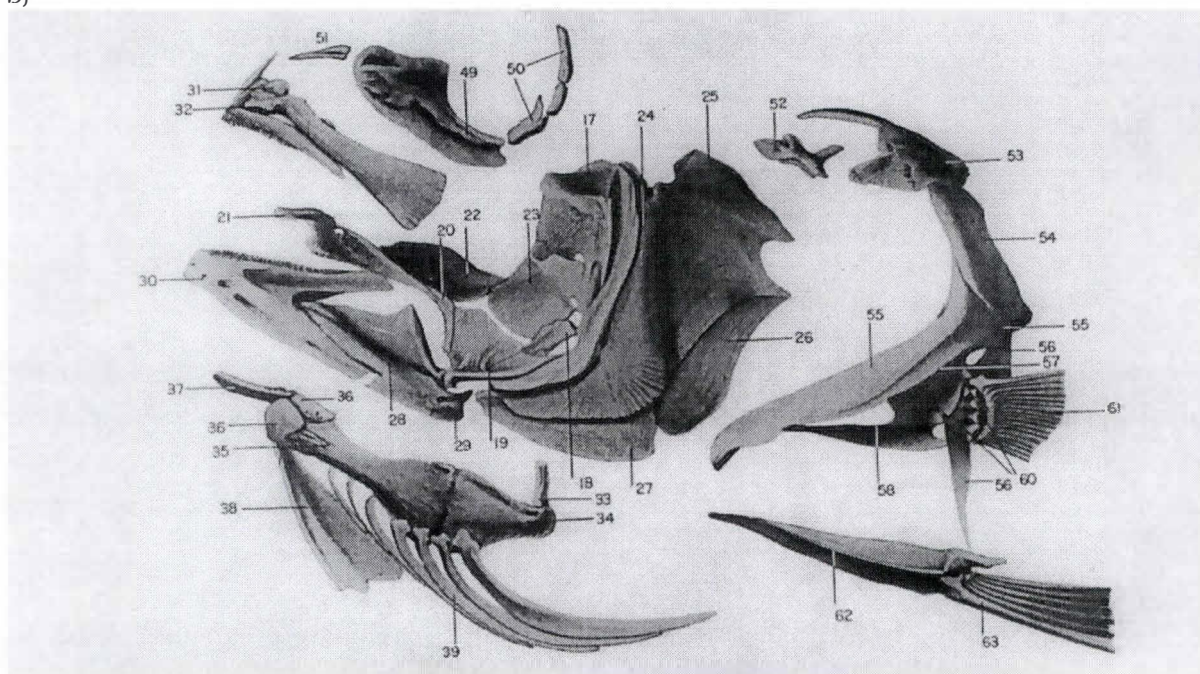


Figure I .19a et b: Structures caractéristiques du squelette des poissons osseux.

- a) Squelette d'un poisson osseux, la perche (*Perca fluviatilis* L.) (Pecl, 1991).
- b) Os caractéristiques d'une tête de poisson osseux (Casteel, 1976) :
  - 24. Os préoperculaire
  - 30. Dentaire
  - 31. Maxillaire
  - 32. Os prémaxillaire

### 2.3.1.1. Suivis in situ

Il faut effectivement tout d'abord réaliser un suivi de l'oiseau in situ, par utilisation des techniques de radiopistage et de bagage et par des observations directes, afin de rendre compte des variations spatiales et temporelles du régime, telles que les différents sites de pêche, les périodes et la fréquence des plongées et autres manifestations du comportement alimentaire de l'oiseau (Voslamber *et al.*, 1995 ; Feltham *et al.*, 1999).

Ces observations ont l'avantage de permettre la collecte de précieuses données, à des moments et des endroits précis, tout en minimisant les perturbations occasionnées.

Cette technique fournit évidemment trop peu d'informations quant à la quantité et la qualité ingérée. Il est en effet assez ardu de déterminer les différentes espèces de poissons avalées par l'oiseau, en particulier pour les espèces proches comme le gardon, le rotengle, la brème, etc, lorsque l'on se situe à une certaine distance de celui-ci.

### 2.3.1.2. Examen des pelotes de réjection

A cette étude comportementale doit s'ajouter ensuite l'examen des pelotes de régurgitation, récoltées au dortoir. Celles-ci renferment en effet les structures osseuses et cartilagineuses des poissons consommés la veille que le cormoran n'a pu digérer et qu'il régurgite par conséquent tous les jours à l'aube. Ces pelotes représentent donc un avantage de l'étude du cormoran par rapport à celle du héron cendré qui, lui, digère les os. (Marion, 1997).

Certaines de ces structures présentent une morphologie spécifique (figures I.19a et b) : c'est ainsi le cas des otolithes, des mâchoires inférieures, des os pharyngiens, des os operculaires, des plaques masticatrices, etc. Elles permettent donc l'identification des proies et nous donnent leurs taille et biomasse originelles, via une simple régression à partir de leurs propres dimensions (Hallet, 1977 ; Hallet, 1982 ; Hallet-Libois, 1985 ; Jobling & Breiby, 1986 ; Johnstone *et al.*, 1990 ; Dirksen *et al.*, 1995 ; Veldkamp, 1995 ; Zijlstra & Van Eerden, 1995 ; Leopold *et al.*, 1998).

Il s'agit d'une technique à la fois simple et fastidieuse. Simple, car il suffit de se pencher au pied des arbres du dortoir pour récolter le matériel, et fastidieuse, de par la longueur du traitement et la complexité des déterminations.

Un autre inconvénient vient ternir l'aspect pratique de cette méthode. En effet, ces résidus osseux étant constitués de calcaire, certains subissent une dégradation plus ou moins forte dans l'estomac, par attaque acide des sucs gastriques. L'intensité de cette altération dépend de l'espèce du poisson, et donc de sa forme et de sa composition, mais aussi de sa taille et de la durée de son séjour dans l'estomac de l'oiseau (Johnstone *et al.*, 1990 ; Dirksen *et al.*, 1995 ; Zijlstra & Van Eerden, 1995). Zijlstra & Van Eerden (1995) estiment le taux de

présence des otolithes à 52 %. Les otolithes de sandre, perche et éperlan sont les plus touchés par cette dégradation. Il en résulte que ceux retrouvés dans les pelotes de réjection sont de dimension inférieure à celle d'origine, entraînant un biais dans l'estimation de la biomasse réellement ingérée. Certains poissons ne seront même pas détectables et on aura de plus tendance à attribuer un âge 0+ à des individus plus âgés (Duffy & Laurenson, 1983 ; Dirksen *et al.*, 1995 ; Leopold *et al.*, 1998). Il est néanmoins possible de remédier à cet inconvénient par utilisation de facteurs de correction (Johnstone *et al.*, 1990 ; Leopold *et al.*, 1998).

**N.B.** : Bien que l'on considère au cours d'une étude du régime alimentaire qu'une seule pelote soit quotidiennement produite (Zijlstra & Van Eerden, 1995 ; Leopold *et al.*, 1998), il s'avère souvent que ce chiffre soit une surestimation de la réalité (Johnstone *et al.*, 1990).

En effet, comme le souligne Marion (1997), il paraît peu probable qu'un cormoran puisse digérer plus de 500 grammes par jour. Ainsi, si une capture dépasse ces 500 grammes, l'oiseau sautera un, voire deux repas. Cette hypothèse est appuyée en France par la capture aux dortoirs d'oiseaux à l'estomac vide.

Trauttmansdorff & Wassermann ont calculé en 1995 un taux de 0.87 pelote régurgitée par oiseau et par jour.

Cependant, ce biais permettrait de compenser la sous-estimation de la prise journalière due à la digestion des otolithes.

### 2.3.1.3. Analyse des contenus stomacaux

Ces problèmes de sous-estimation inhérents à l'examen de ces pelotes nécessitent l'utilisation de la troisième méthode : l'analyse des contenus stomacaux, ou bolus, des oiseaux rentrés au dortoir, avant leur digestion. C'est par cette méthode, utilisée en parallèle avec l'examen des pelotes de réjection du même dortoir, que l'on va d'ailleurs pouvoir calculer le facteur de correction nécessaire à la suppression du biais dans l'estimation de la biomasse par analyse des pelotes (Johnstone *et al.*, 1990).

Contrairement aux pelotes de régurgitation, ces bolus contiennent les résidus osseux des poissons consommés qui n'ont pas encore subi d'altération par attaque acide. Ils ont ainsi l'avantage de ne pas mésestimer la biomasse des proies ingérées. Cependant, cette méthode requiert le tir d'oiseaux en vue de leur dissection. Or, le tir de cormorans est strictement interdit chez nous et le recours à cette méthode nécessite l'importation de cormorans morts provenant de pays comme la France, où cette pratique est autorisée.

Une fois les caractéristiques qualitatives et quantitatives de la ration alimentaire journalière du grand cormoran connues, nous pouvons tenter d'évaluer l'impact que sa prédation exerce sur les peuplements de poissons.

Pour cela, nous devons également connaître, via des données de comptages et de recensements réguliers, le nombre de cormorans présents sur les lieux ainsi que la durée de leur hivernage.

Nous disposons alors de toutes les informations nécessaires pour l'estimation de l'impact de ce prédateur, calculée comme suit :

$$\boxed{\text{Nb cormorans} * \text{Nb jours de présence} * \text{DFI} * \% \text{ d' une espèce particulière dans le régime}}$$

(DFI = ration alimentaire journalière)

Lorsque le stock de poissons de cette espèce est connu, le résultat de cette formule donne la perte relative occasionnée par le cormoran. Dans le cas contraire, si ce stock est ignoré, on parle alors de perte absolue (Leopold *et al.*, 1998 ; Russel, 2002).

### 2.3.2. Différents cas étudiés en Europe

Les prises alimentaires du grand cormoran diffèrent selon les sites et les périodes. Les besoins énergétiques très variés, régis par les saisons, les conditions météorologiques, la distance de vol à parcourir jusqu'au site de pêche, la mobilisation ou la reconstitution des réserves graisseuses ainsi que la valeur énergétique des proies, sont fortement responsables des divergences observées (Dirksen *et al.*, 1995 ; Marion, 1997 ; Neuman *et al.*, 1997 ; Suter, 1997; Leopold *et al.*, 1998).

De façon générale, il ressort que la majorité des régimes alimentaires de cormorans continentaux se nourrissant en milieu naturel se composent d'espèces ichthyennes très abondantes et souvent moins convoitées par les pêcheurs (Dirksen *et al.*, 1995 ; Zuna-Kratky & Mann, 1995 ; Suter, 1997 ; Mathieu & Gerdeaux, 1998 ; Jefferies, 2000).

De plus, les populations de poissons s'avèrent plastiques et peuvent donc fournir des réponses compensatoires à la prédation du cormoran, permettant le maintien d'un équilibre à long terme des populations. En favorisant une stratégie r, c'est-à-dire en augmentant la vitesse de croissance et la fécondité, les espèces-proies produisent des individus plus nombreux, capables d'atteindre plus rapidement une taille supérieure à la capacité de capture de l'oiseau (Wootton, 1990).

| Espèces      | mar | avr. | mai | juin | juill. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | janv. | fév. |
|--------------|-----|------|-----|------|--------|------|-------|------|------|------|-------|------|
| gardons      | 35  | 41   | 13  | 12   | 18     | 18   | 25    | 358  | 87   | 19   | 35    | 55   |
| cyp. indét.  | 2   | 3    | 2   | 2    | 2      | -    | 1     | 1    | 5    | 1    | 20    | 6    |
| perches      | 3   | 1    | -   | -    | -      | 2    | 13    | 113  | 18   | 1    | 9     | -    |
| corégones    | -   | 2    | -   | -    | -      | -    | -     | -    | 3    | 15   | 8     | -    |
| ombles chev. | 1   | -    | -   | -    | -      | -    | -     | -    | -    | -    | -     | -    |
| brochets     | -   | -    | -   | -    | -      | -    | -     | -    | -    | 1    | -     | -    |
| indéterminés | 1   | -    | -   | -    | -      | -    | -     | 6    | -    | -    | -     | -    |
| nb pelotes   | 11  | 12   | 12  | 12   | 12     | 12   | 12    | 12   | 15   | 20   | 20    | 22   |

Tableau I.1 : Evolution du régime alimentaire (en nombre d'individus) du grand cormoran sur le lac Léman au cours d'une année, de mars 1996 à février 1997 (Mathieu & Gerdeaux, 1998).

| Bourget  |          |        |        |         |         |         |        |        |  |
|----------|----------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--|
|          | corégone | truite | omble  | perche  | brochet | gardon  | lotte  | sandre |  |
| cormoran | 0,192    | 0      | 0      | 1,328   | 0,49    | 14,476  | 0      | 0      |  |
| pêche    | 1,287    | 3,167  | 2,167  | 24,745  | 2,137   | 29,732  | 1,972  | 2,586  |  |
| Annecy   |          |        |        |         |         |         |        |        |  |
|          | corégone | truite | omble  | perche  | brochet | gardon  | lotte  | divers |  |
| cormoran | 0,25     | 0,064  | 0,102  | 1,639   | 0,576   | 0,4     | 0      | 0      |  |
| pêche    | 19,122   | 0,805  | 3,879  | 2,205   | 0,383   | 1,227   | 0,54   | 0,493  |  |
| Léman    |          |        |        |         |         |         |        |        |  |
|          | corégone | truite | omble  | perche  | brochet | gardon  | lotte  | divers |  |
| cormoran | 8,344    | 0      | 0      | 30,295  | 0       | 98,212  | 0      | 0      |  |
| pêche    | 97,225   | 29,025 | 42,189 | 375,938 | 4,575   | 200,246 | 21,354 | 16,686 |  |

Tableau I.2 : Comparaison des prélèvements (exprimés en pourcentage de la biomasse) effectués par le grand cormoran et la pêche sur les lacs Léman, Bourget et Annecy (Mathieu & Gerdeaux, 1998).

Cependant, des cas dramatiques existent où les cormorans se sont nourris d'espèces moins communes à productivité beaucoup plus faible, provoquant leur raréfaction, voire même leur disparition (Kennedy & Greer, 1988 ; Carss & Marquiss, 1995 ; Warke & Day, 1995).

Les grands cormorans peuvent ensuite provoquer de nombreuses blessures, en particulier sur des individus de grande taille, condamnant les poissons touchés à l'attaque des parasites et d'autres prédateurs. Ce sont aussi les vecteurs d'une variété non négligeable de vers parasites (Im & Hafner, 1984 ; Marion, 1997 ; Vantard, 1997).

Voyons à présent la diversité de l'impact que peut exercer le cormoran sur différents types de zones humides.

#### 2.3.2.1. Grands lacs (>500ha)

Les grands plans d'eau d'Europe sont des sites très attractifs pour le cormoran. Ils ont d'ailleurs été les premiers marqués par l'accroissement spectaculaire de *Phalacrocorax carbo sinensis*.

Les peuplements piscicoles de ces grands lacs sont souvent dominés, en nombre et en biomasse, par les cyprinidés comme le gardon et la brème. La perche y est aussi abondante (Suter, 1997 ; Mathieu & Gerdeaux, 1998).

Or, l'opportunisme du cormoran le pousse à consommer les espèces les plus accessibles, à savoir les espèces littorales à forte densité, laissant ainsi la zone pélagique profonde peu exploitée. Les cyprins et la perche, formant des bancs de surcroît, représentent par conséquent ses proies favorites (Marion, 1997). De nombreuses études sur des grands plans d'eau européens montrent que les cyprinidés constituent au moins les deux tiers du régime de l'oiseau et que les individus consommés mesurent, dans la majorité des cas, moins de dix centimètres, même si toutes les tailles de gardons peuvent être prélevées par le grand cormoran. Tel est le cas pour le lac Léman, le lac du Bourget, les lacs du plateau suisse, de Bavière, de Suède, etc (Keller, 1995 ; Mathieu & Gerdeaux, 1998 ; Engström, 2001). Dans le lac d'Annecy, au degré d'eutrophisation moindre et donc principalement peuplé de salmonidés, c'est la perche qui est préférentiellement pêchée, les corégones n'étant vulnérables qu'en période de reproduction, moment où elles migrent de la zone profonde vers la zone littorale.

L'impact du cormoran se fait donc essentiellement sentir dans les populations de cyprinidés et de percidés et ce, pour la plupart des grands lacs. Le brochet et l'anguille sont pêchés moins fréquemment. Les salmonidés, quant à eux, ne représentent tout au plus que dix pour cent des captures de l'oiseau (tableau I.1).

De plus, la consommation de l'oiseau ne représente généralement qu'une faible part de la production annuelle de poissons (Keller, 1995).

Par conséquent, les cormorans ne rentrent pas en compétition avec les pêcheurs et leurs prélèvements ne sont pas préjudiciables à la dynamique des stocks ichtyologiques présents dans ces plans d'eau de grande superficie (Mathieu & Gerdeaux, 1998 ; Engström, 2001) (tableau I.2).

Toutes les études réalisées sur les grands lacs européens s'accordent ainsi à dédramatiser la prédation du grand cormoran sur les peuplements piscicoles en présence. Cependant, la tendance actuelle de réduction du degré d'eutrophisation de ces eaux pourrait entraîner un retour à des espèces à haute valeur commerciale, moins productives, ce qui pourrait conduire à une aggravation de la prédation du cormoran sur les communautés ichthyennes.

#### 2.3.2.2. Petits lacs et étangs

A l'inverse des grands lacs, les plans d'eau plus petits et moins profonds sont beaucoup plus vulnérables. L'impossibilité des poissons à se réfugier à plus grande profondeur pour échapper à l'oiseau en serait une des causes principales (Mathieu & Gerdeaux, 1998).

Alors que l'impact des cormorans sur les grands lacs est généralement considéré comme acceptable, voire même négligeable, les prélèvements sur des plans d'eau d'une superficie de cent hectares et moins peuvent vite devenir alarmants. C'est, par exemple, le cas du lac suisse Rotsee, de 48 hectares, où la prédation a dépassé les 100 kg/ha lors des hivers de 1987-88 et 1988-89 (Pedroli & Zaugg, 1995).

En fait, Mathieu et Gerdeaux (1998) estiment à 10 kg/ha la valeur du prélèvement total définissant la frontière entre un impact tolérable et, au contraire, dommageable pour les peuplements piscicoles d'un lac.

Il semblerait donc que la capacité des populations ichtyologiques à compenser la prédation exercée par le grand cormoran soit fortement corrélée à la surface et à la profondeur du lac.

Quant aux grands étangs de pisciculture et aux lacs artificiels à forte densité de poissons, le cormoran y est souvent responsable d'une perte de 20 % à 50 % de la production piscicole et les a même parfois totalement dépouillés (Moerbeck *et al.*, 1987 ; Van Eerden *et al.*, 1995 ; Marion, 1997).

Dans ce genre d'étangs, les dégâts des cormorans se font essentiellement ressentir sur les cyprinicultures (avec 50 à 90 % de pertes dans les exploitations de grande superficie en Wallonie) et très peu sur les salmonicultures, pour lesquelles de petits bassins (1 à 5 ares) sont

requis et qui n'offrent, par conséquent, pas la surface nécessaire à l'« amerrissage » des oiseaux (Jacob *et al.*, 1999).

#### 2.3.2.3. Rivières cyprinicoles

Les cours d'eau de plaine sont essentiellement peuplés de gardons, perches et brèmes. C'est pourquoi ces espèces dominent le régime des cormorans pêchant dans ces eaux, de manière d'autant plus marquée que leurs déplacements en bancs attirent aussi l'oiseau.

Il s'agit d'espèces très productives pouvant donc facilement compenser les pertes entraînées par les prélèvements du prédateur.

Suter (1991) et Morel (1992) parlent d'une proportion de 89 à 91 % de cyprinidés dans le régime de cormorans pêchant dans les canaux.

Keller (1995) obtient des chiffres allant de 58 à 82 % de cyprinidés dans les régimes en rivières cyprinicoles.

En Meuse belge, Jacob et ses collaborateurs (1999), estiment un prélèvement annuel relatif de 58 à 77 kg/ha, correspondant à un niveau de prédation tolérable pour les stocks de poissons et la pêche récréative dans ce fleuve dont la production potentielle s'élève à 250 kg/ha/an.

Martelijn & Noordhuis (1991) évaluent à moins de 10 % de la biomasse totale en gardons les prélèvements de cette espèce en Meuse hollandaise et l'assimilent même à la mortalité naturelle annuelle.

La situation dans les milieux lotiques cyprinicoles ne semble donc pas préoccupante pour les communautés piscicoles et le milieu de la pêche bien que, à la vue des beaux spécimens que peuvent capturer les cormorans, les pêcheurs s'inquiètent, de façon légitime, pour l'avenir de leur sport.

#### 2.3.2.4. Rivières salmonicoles

Dans les rivières de tête de bassin, les truites et saumons semblent encore rester minoritaires et ne sont représentés dans le régime que selon une proportion de 11 % à 19 %.

L'ombre et les cyprinidés sont souvent, quant à eux, exploités de façon plus importante, représentant respectivement de 18 à 57 % et de 27 à 48 % des proies du cormoran. (Suter, 1991 ; Pedroli & Zaugg, 1995).

Dans le canal Linth, en Suisse, le régime du cormoran comporte 18 à 22 % d'ombre. Suter (1995) estime cependant que seule une exploitation de 30 à 50 % de la production devient dommageable. .

Le cas est différent dans les rivières d'Ecosse et d'Irlande de première catégorie où les salmonidés, découverts à une fréquence de 16 à 97 % dans la consommation de l'oiseau, paraissent être les proies préférentielles de l'oiseau (Kennedy & Greer, 1988 ; Carss & Marquiss, 1995 ; Warke & Day, 1995) et auraient enregistré une forte chute des populations, ce qui est, bien entendu, très alarmant.

Dans les petits cours d'eau, l'action du cormoran est nettement plus néfaste lors des périodes de frai des truites, de novembre à janvier, au cours desquelles va se jouer l'abondance des poissons pour les années à venir (Pereira & Nastasi, 1997).

## 2.4. Conclusion et objectifs

Tout au long de cette seconde partie, nous avons pu voir à quel point il est difficile de classer sans appel le cormoran parmi les fléaux écologiques, sa prédation étant, selon les sites fréquentés par l'espèce, sans effet marquant ou, au contraire, totalement néfaste pour les stocks ichthyologiques.

Connaissant à présent les grandes caractéristiques de l'écologie et de l'évolution démographique du grand cormoran en Europe qui font de cette espèce le suspect idéal dans l'appauvrissement des peuplements piscicoles, nous pouvons désormais commencer notre étude du régime de l'oiseau, hivernant dans notre région. Les résultats obtenus constitueront une des bases du doctorat de Geoffroy Evrard, qui aura pour finalité de déterminer si le cormoran est ou non le principal responsable des changements qu'ont connus nos zones humides au cours des deux dernières décennies.

Après un aperçu des sites d'étude et de la méthodologie employée pour l'analyse du régime alimentaire de ce prédateur, nous pourrons, entre autres, voir dans quelle mesure les différentes espèces sont consommées et éventuellement percevoir des préférences pour telle ou telle espèce de poissons. Nous pourrons sans doute ainsi amorcer l'étude de l'impact du grand cormoran sur les communautés piscicoles de notre réseau hydrographique.

# *MATÉRIEL ET MÉTHODES*

## II. MATERIEL ET METHODES

### 1. Choix des sites d'études

Le but de notre étude est de tenter de préciser le régime alimentaire du grand cormoran dans le bassin mosan belge.

Or, ce bassin englobe non seulement la Meuse, rivière de type cyprinicole, mais également des rivières d'autres types, à savoir des rivières mixtes et à caractère salmonicole.

On retrouve, par ailleurs, des groupes de cormorans sur la quasi-totalité du réseau hydrographique de notre pays. La variabilité des proies consommées pourrait donc être liée au type de communauté ichtyologique caractéristique de ces cours d'eau.

C'est pourquoi nous avons choisi deux rivières bien différentes, tant au point de vue de leurs caractéristiques physico-chimiques qu'au niveau des communautés biologiques qu'elles abritent : la Meuse, cyprinicole, et la Lesse, affluent de type mixte à salmonicole.

Pour chacun de ces deux cours d'eau, nous avons recherché et sélectionné un dortoir de grands cormorans : le dortoir de l'île Vas'tî-Frotte, en Meuse, et le dortoir de Villers-sur-Lesse, en bord de Lesse.

#### 1.1. Dortoir de Vas'tî-Frotte (Jambes)

A la fois peuplé d'un effectif important de cormorans hivernants et proche des facultés, ce dortoir présentait pour nous de nombreux avantages pour être repris comme site d'étude.

Il s'agit en fait du plus gros dortoir de Haute-Meuse, avec, cette année, un maximum de 858 grands cormorans recensés le 8 janvier (AVES, Evrard G., Comm. Pers.).

##### 1.1.1. Situation géographique

L'île de Vas'tî-Frotte se situe à Jambes, dans le Condroz, et fait partie d'une série d'îles, comme celle de Dave, qui séparent la Meuse en deux bras.

Sa localisation précise (figure II.1) répond aux coordonnées UTM suivantes : 31UFR322900

### 1.1.2. Caractéristiques physiques du site

#### 1.1.2.1. La Meuse

En Belgique, la Meuse parcourt cent quatre-vingt-deux kilomètres, totalisant ainsi 13.489 km<sup>2</sup> de bassin versant (soit 40 % des 36.011 km<sup>2</sup> constituant l'entièreté du bassin versant).

Cette portion de la Meuse se caractérise par une pente naturelle moyenne de 0.023 %, modifiée par les quelques quinze barrages construits sur son cours, un débit pouvant fluctuer entre 20 m<sup>3</sup>/s en période d'étiage à parfois plus de 2000 m<sup>3</sup>/s lors des crues exceptionnelles d'hiver et une température moyenne annuelle de 16 °C, avec des minima de 3-4 °C en janvier et des maxima de 25-26 °C en août (Micha & Pilette, 1988).

#### 1.1.2.2. Le dortoir

Le dortoir de Vas'tî-Frotte, domaine de la caserne militaire de Jambes, se présente sous la forme d'une île toute en longueur, d'une superficie avoisinant les 5 ha.

Cette île renferme non seulement un des plus gros dortoirs de cormorans sur la Meuse belge, avec une moyenne, pour la période d'octobre 2001 à juillet 2002, de 265.5 individus (AVES, G. Evrard, Comm. Pers.) se concentrant principalement sur sa rive droite (figure II.2), mais également une héronnière.

Le site de Vas'tî-Frotte compte aussi depuis peu une colonie de grands cormorans, présents tout au long de l'année (AVES, G. Evrard, Comm. Pers.).

Cette île a été plantée de peupliers.

Des comptages et observations menées en collaboration avec des ornithologues d'AVES ont montré que les individus de Jambes se répartissent dans deux grands sites de pêche, l'un au port de Beez, à environ 4 km en aval et l'autre sur la Sambre à Salzinne, entre l'écluse et la confluence avec la Meuse, à une distance comprise entre 2 et 3 km en aval de Vas'tî-Frotte.

### 1.2. Dortoir de Villers-sur-Lesse

Le dortoir de Villers-sur-Lesse est un des quelques trois petits dortoirs connus (avec celui d'Anseremme et de Houyet), localisés sur la Lesse. Le choix de ce dortoir en particulier a été gouverné par la volonté d'en trouver un en même temps implanté sur une zone peuplée d'autres communautés ichthyologiques que celles de Meuse, afin de mettre en évidence



Figure II.1: Carte de Vas'ti-Frotte et ses environs (échelle 1: 10000)



Figure II.2 : Photographies du dortoir de Vas'ti-Frotte (mars 2002)

d'éventuelles variations de régime chez des oiseaux hivernant sur un cours d'eau mixte à salmonicole, mais également intéressant de par sa richesse en espèces patrimoniales et l'attrait qu'il suscite auprès des pêcheurs.

Nous aurions en effet pu étudier le dortoir d'Anseremme, beaucoup plus proche, mais, établi à la confluence de la Lesse et de la Meuse, les pelotes récoltées n'y auraient sûrement pas été différentes de celles de Jambes, les oiseaux résidants y étant connus pour pêcher principalement en Meuse.

### 1.2.1. Situation géographique

Le dortoir de Villers-sur-Lesse se situe en Famenne.

Ses coordonnées UTM sont : 31UFR522578.

Une carte de la région est présentée à la figure II.3.

### 1.2.2. Caractéristiques physiques du site

#### 1.2.2.1. La Lesse

La Lesse est un affluent de la Haute-Meuse belge d'environ 84 km de longueur. Elle prend sa source sur le plateau de Recogne, dans la province du Luxembourg, à une altitude de 480 m. Après un parcours de quelques dizaines de kilomètres en direction du nord-ouest, elle pénètre dans le gouffre de Belvaux et traverse les grottes de Han. A sa résurgence, elle poursuit son cours vers l'ouest, reçoit les eaux de la Lhomme à Eprave et se jette finalement dans la Meuse à Anseremme, à une altitude de 95 m.

Tout au long de son parcours, cette rivière traverse ainsi trois régions différentes se distinguant les unes des autres par leurs caractéristiques géologiques et lithologiques contrastées. Tout d'abord l'Ardenne, où elle prend sa source, la Famenne ensuite, où les roches perméables calcaires du sous-sol alcalinisent son pH, et enfin le Condroz.

Les grands cormorans étant capables de parcourir jusqu'à 30 km en un seul vol pour la recherche de nourriture (Lekuona & Campos, 1998 ; Jacob *et al.*, 1999), les oiseaux hivernant au dortoir de Villers-sur-Lesse peuvent en visiter tout le cours, et donc se retrouver dans les différentes régions traversées par la Lesse, mais aussi exploiter d'autres rivières comme la Meuse, la Lhomme et même l'Ourthe.

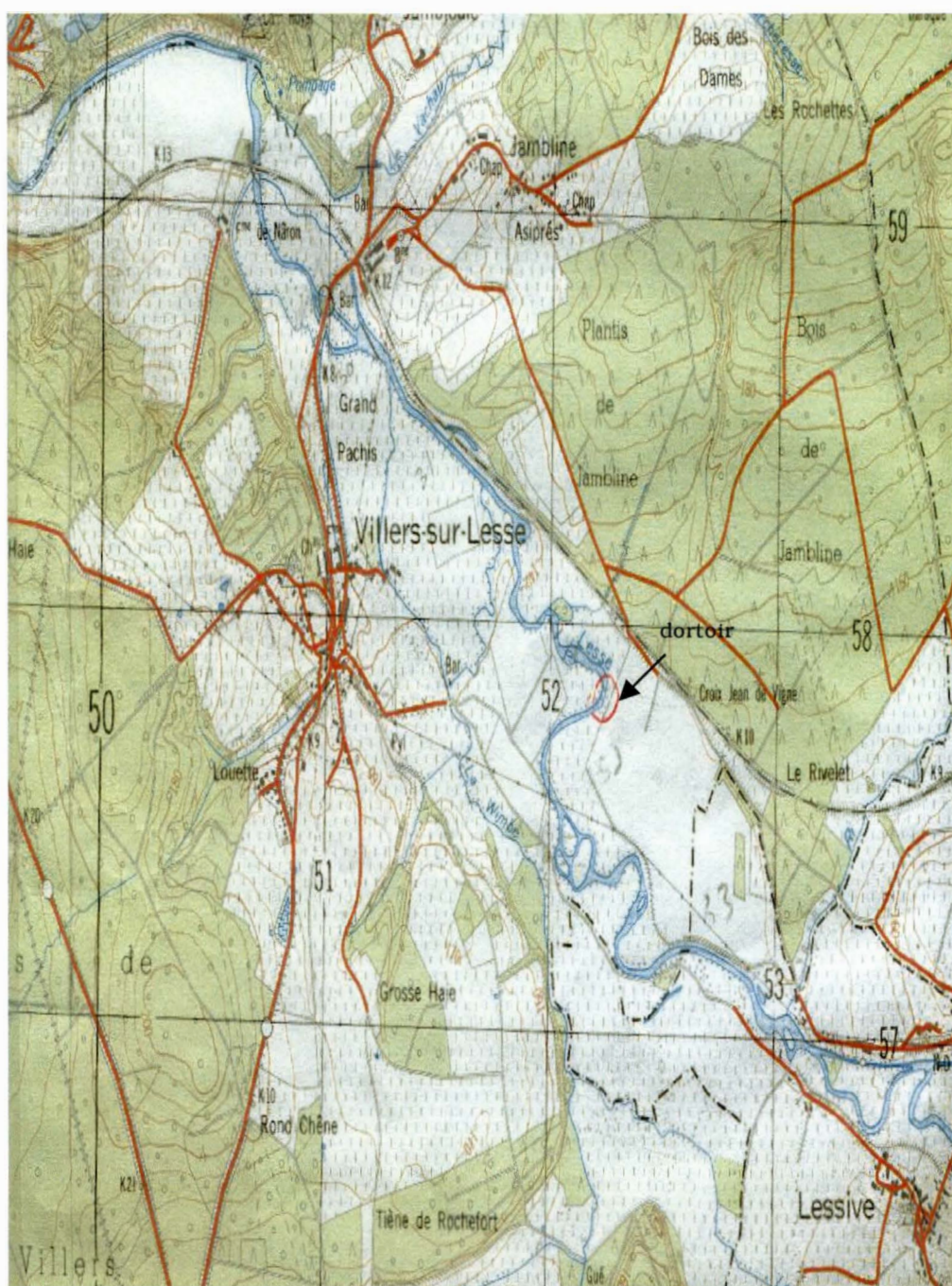


Figure II.3 : Carte du dortoir de Villers-sur-Lesse et de ses environs (échelle modifiée)



Figure II.4 : Photographies du dortoir de Villers-sur-Lesse (mars 2002).

#### 1.2.2.2. Le dortoir

Le dortoir de Villers-sur-Lesse se présente sous forme d'un ensemble de vieux peupliers bordant les deux rives d'un méandre de la Lesse, ainsi que d'une petite île de quelques mètres carrés, peuplée des mêmes essences et immergée lors de fortes crues (figure II .4).

Il y a quelques années, plus précisément en 1996 (Dermien F., Comm. Pers.), alors qu'il ne comptait que quelques dizaines d'oiseaux, le site de Villers-sur-Lesse a recueilli les hivernants du dortoir de Houyet et accueille donc actuellement une centaine d'individus.

Selon les pisciculteurs de la région, la vallée de Serinchamps, séparant la Lesse et l'Ourthe, semblerait être un véritable axe de passage des oiseaux, ce qui pourrait expliquer leur forte fréquentation des étangs de cette zone.

Outre les étangs, des observations ont révélé que les cormorans de ce dortoir se partageaient équitablement deux autres sites de pêche, situés sur la rivière : l'un en Basse-Lesse, à proximité de la ferme d'Haroy, l'autre plus en amont, aux environs du gouffre de Belvaux (F. Henry, F. Dermin, Arnould, Comm. Pers.), tous deux dans un rayon d'environ 7 km autour du dortoir.

### 1.3. Populations ichtyologiques présentes

#### 1.3.1. Méthodes d'estimation

La structure des communautés piscicoles des deux cours d'eau est estimée à l'aide de deux méthodes : la pêche électrique et la pêche au filet maillant.

N'ayant pratiqué nous-mêmes que la pêche électrique en Lesse, seule cette méthode est détaillée ci-dessous.

##### **\* Pêche à l'électricité**

Cette méthode est fondée sur la réceptivité des poissons, et plus particulièrement de leur ligne latérale, au courant électrique.

Deux électrodes, une anode et une cathode, reliées à un groupe électrogène de type Deka, générateur d'un courant continu d'environ 300 volts pour une intensité de 2 à 6 ampères, sont plongées dans l'eau.

terminé par un cercle métallique recouvert d'un grillage, est manipulée par un opérateur qui prospecte le cours d'eau. Le courant électrique créé entre ces deux pôles attire le poisson vers l'anode via sa ligne latérale (phénomène d'électrotactisme). Une fois à proximité de l'anode, le poisson est soumis à une différence de potentiel telle qu'il entre en électronarcose (étourdissement). Celui-ci peut alors être aisément récolté à l'aide d'épuisettes tenues par d'autres opérateurs, en aval du pôle positif.

Les poissons ainsi capturés sont mesurés et pesés, respectivement au millimètre et au gramme près.

### 1.3.2. En Meuse

#### 1.3.2.1. Potentialités biologiques

La Meuse a subi de nombreuses modifications anthropiques au cours du vingtième siècle. L'expansion industrielle et agricole sur son bassin versant, la construction de barrages et sa canalisation sont autant de perturbations qui ont déstabilisé l'écosystème fluvial, entraînant une régression de la qualité de ses eaux. Le fleuve a dès lors accusé d'importants changements biocénétiques, notamment au niveau de sa faune ichthyologique, tels que la disparition d'espèces rhéophiles au profit d'espèces limnophiles (Micha & Borlée, 1989).

L'utilisation du SEQ-Eau, Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau, nous permet d'identifier les différentes formes de pollutions dont souffre la Meuse et d'estimer ainsi le niveau de qualité de ses eaux et ses potentialités biologiques, tout au long de son parcours (Agences de l'eau, 2000). Chaque type d'altération, évalué par divers paramètres physico-chimiques mesurés au cours de plusieurs campagnes, est assimilé à une classe de qualité. Au terme de l'étude des différentes formes de pollution, le cours d'eau reçoit une cote correspondant au niveau de perturbation de ses eaux.

Outre les indices SEQ-Eau, les indices de diatomées sont également très utiles dans l'évaluation de la qualité des eaux de surface (Fauville *et al.*, 2001).

L'analyse de ces différents indices pour la Meuse à Hastière et Andenne, reprise dans les annexes 1 et 2, nous montre à quel point le fleuve souffre de la pollution, particulièrement due aux industries et à l'agriculture, et ce même avant son arrivée dans notre pays (CIPM, 2001). Le déversement des eaux de la Sambre et son passage à Namur accentue encore le phénomène.

### 1.3.2.2. Détermination des populations ichtyologiques présentes

Afin de connaître les populations de poissons actuellement présentes, nous disposons pour la Meuse de résultats de pêches électriques et de pêches aux filets maillants, récoltés depuis 1980 jusqu'en 1996 et rassemblés par le Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois de Gembloux.

Malheureusement, il s'est avéré que ces chiffres provenaient d'échantillonnages peu représentatifs de la richesse spécifique et de la biomasse normalement présente dans cette zone.

Nous nous sommes donc plus favorablement reportés sur les résultats de pêches obtenus pour le calcul de l'IBIP (Goffaux *et al.*, 2001) afin d'avoir des renseignements quant aux proportions des différentes espèces de poissons pêchés au filet maillant et à l'électricité.

### 1.3.3. En Lesse

#### 1.3.3.1. Potentialités biologiques

Les indices SEQ-Eau et diatomiques, réalisés pour la Lesse à Villers-sur-Lesse et repris dans les annexes 1 et 2, nous montrent une bonne qualité générale du cours d'eau, meilleure qu'il y a huit ans, hormis une légère eutrophisation due aux activités agricoles voisines.

#### 1.3.3.2. Détermination des populations ichtyologiques présentes

Une première série de données de pêches électriques, réalisées depuis 1988 jusqu'en 1998, nous a été également fournie par le Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois de Gembloux.

Cependant, ces pêches ont été effectuées dans la totalité des habitats. Or, seules les portions de rivières de profondeur suffisante pour la plongée des oiseaux constituent réellement les zones de pêche du cormoran.

De plus, la représentativité des pêches effectuées s'est, elle aussi, révélée peu élevée.

Nous avons par conséquent dû réaliser d'autres pêches électriques dans les sites de pêche du cormoran, c'est-à-dire au château d'Haroy, en aval de Villers-sur-Lesse, en sélectionnant les habitats fréquentés par le grand cormoran.

### 1.3.4. Dans les étangs voisins

Les données relatives à l'identité des espèces présentes dans les étangs compris dans le rayon de pêche du grand cormoran ont été récoltées auprès des pisciculteurs. Il s'agit notamment des étangs de Serinchamps, Ciergnon, Fenffe et de la ferme d'Haroy.

## 2. Méthode d'analyse du régime alimentaire

Comme nous l'avons déjà mentionné à la section 2.3.1 du premier chapitre, une bonne estimation de l'impact que peut avoir le grand cormoran sur les communautés ichtyologiques requiert trois types d'études : les suivis in situ, l'examen des pelotes de régurgitation et l'analyse des contenus stomacaux.

Ainsi, un piège de 4 m sur 8 m de base et 2,5 m de hauteur avait-il été placé sous le dortoir de Jambes.

Malheureusement, aucun cormoran n'y a été capturé. Ce piège était de toute évidence disposé dans une zone inappropriée, les cormorans de Vas'tî-Frotte ne pêchant pas au niveau du dortoir.

Nous n'avons donc, hélas, pas pu procéder aux observations comportementales essentielles pour mon étude.

Il ne restait alors plus que les pelotes de régurgitation et les contenus stomacaux.

Mais la chance nous a une fois encore fait défaut. Ainsi, le dortoir de Virecourt, sur la Moselle, en Meurthe-et-Moselle (France), qui devait nous fournir en bolus, à cette année rencontré une forte prédation sur les pelotes par les renards, les chats, et même les rongeurs. Celui-ci n'en disposait donc pas en quantité satisfaisante pour l'analyse statistique. Or, ces pelotes étaient indispensables pour comparer le taux de découverte des pièces osseuses des différentes espèces de poissons avec celui des contenus stomacaux du même site. Sans ces pelotes, il n'était dès lors plus pertinent de tenir compte des résultats de l'examen du bolus des cormorans de Meurthe-et-Moselle.

C'est ainsi qu'il nous a fallu nous rabattre sur le seul examen des pelotes de régurgitation pour tenter d'estimer le régime alimentaire du grand cormoran dans le bassin mosan.



Figure II.5 : Photographie d'une pelote de régurgitation prise au dortoir de Vas'ti-Frotte le 1<sup>er</sup> mars 2002.

## 2.1. Pelotes de réjection

### 2.1.1. Echantillonnage

L'échantillonnage se fait tout à fait au hasard. Ainsi, la zone inspectée dans le dortoir pour la récolte des pelotes varie d'un jour de prélèvement à l'autre.

La collecte des pelotes de réjection suit un schéma très simple.

Une fois sur place, on recherche les divers endroits où le sol est blanc, c'est-à-dire couvert de fientes de cormorans. On sait de cette façon que ce sont les arbres de ces zones qu'occupent les oiseaux.

Il suffit alors de se pencher et de bien inspecter le sol à la recherche d'éléments comme celui montré à la figure II.5.

Lors de l'échantillonnage des rejecta, deux conditions importantes doivent être respectées.

Il est tout d'abord nécessaire que les pelotes ramassées soient entières. On s'assure ainsi que les pelotes prélevées sont complètes et que leur contenu reflète bien la prise alimentaire de l'oiseau au cours de la journée précédente.

Il est également primordial que les pelotes soient fraîches. Une pelote sèche représente en effet une pelote qui a pu subir une prédation et à laquelle il manquera certaines structures. Ainsi, plus une pelote sera récente, plus on aura de chances qu'elle n'ait pas encore subi de dommage par prédation.

La collecte des rejecta de cormorans a été réalisée à la fréquence d'un échantillonnage par semaine.

Deux cent seize pelotes ont, de cette façon, été récoltées au dortoir de Vas'tî-Frotte, entre le 23 novembre 2001 et le 7 mars 2002, contre cinquante et une au dortoir de Villers-sur-Lesse, entre le 5 février 2002 et le 20 mars 2002, totalisant ainsi quelques deux cent soixante-sept échantillons.

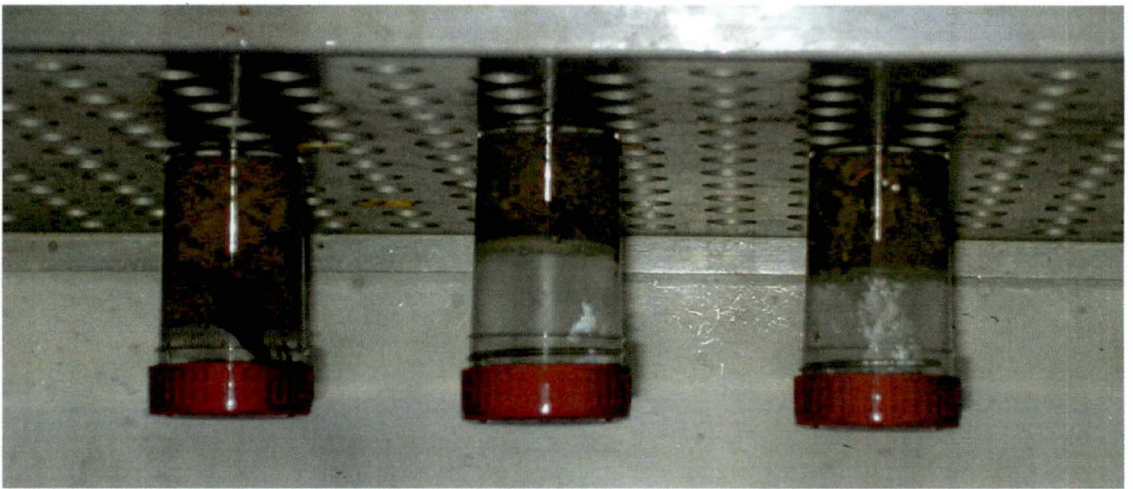
### 2.1.2. Traitement

Une fois récoltées, les pelotes sont soumises à cinq traitements successifs : une mise à l'étuve pour la décomposition bactérienne du mucus, un tri pour la sélection des structures osseuses importantes, l'ajout de peroxyde d'hydrogène destiné au blanchiment des os et enfin une opération de rinçage et de séchage des structures.

La figure II.6 illustre les différentes étapes du traitement auquel les pelotes sont soumises.

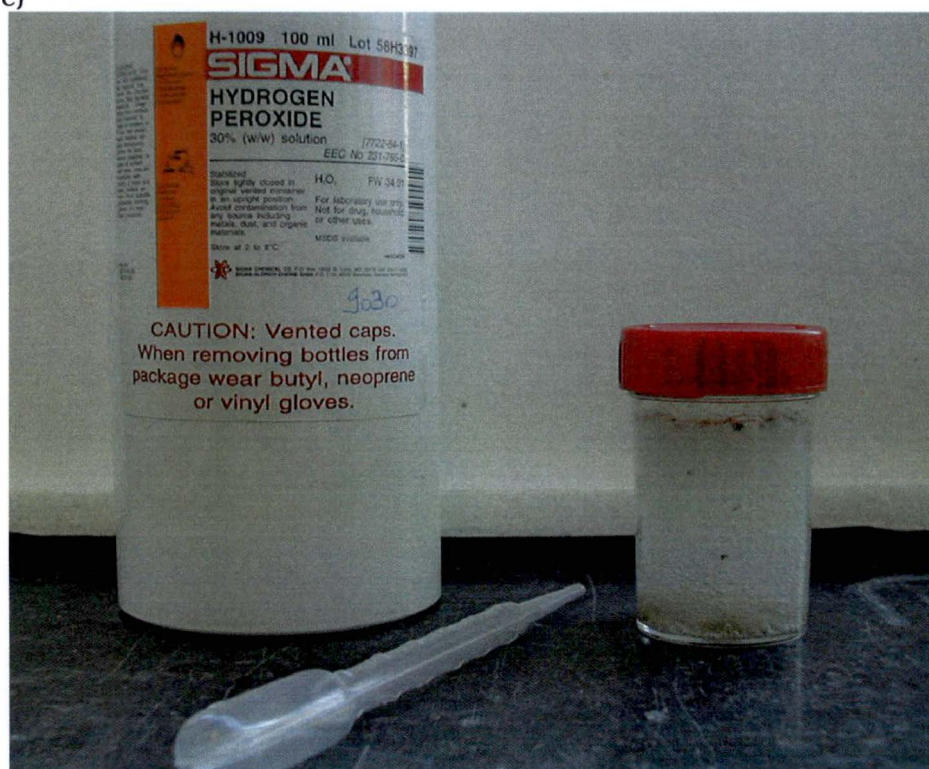


(b)



(a)

c)



d)



Figure II.6 : Illustration des différentes étapes du traitement des pelotes de régurgitation.

- a) Mise à l'étuve
- b) Tri sur tamis
- c) Nettoyage à l'eau oxygénée
- d) Rinçage et séchage sur boîte de Pétri

### 2.1.2.1. Mise à l'étuve

Chaque pelote est placée dans un pilulier de 50 millilitres sur lequel on a, au préalable, inscrit le lieu et la date de prélèvement. On immerge ensuite la pelote dans de l'eau de distribution et on la place dans une étuve de marque Heraeus réglée à une température de 37°C. Les échantillons restent ainsi quarante-huit heures. Les bactéries en fait contenues dans l'eau vont dégrader le mucus entourant les pelotes (Mathieu, 1997).

**N.B. :** Les couvercles des piluliers sont simplement déposés, en veillant bien à ce qu'ils ne soient pas vissés. On cherche ainsi à éviter que les gaz produits lors de la réaction de décomposition bactérienne ne fassent exploser le plastique.

### 2.1.2.2. Tri des pelotes et blanchiment des structures caractéristiques

Après quarante-huit heures d'incubation, on procède au tri du contenu des pelotes, afin d'isoler les os caractéristiques de poissons des autres résidus. On vide pour cela chaque pilulier séparément sur un tamis d'environ 20 centimètres de diamètre et d'une hauteur de 5 centimètres, pourvu d'un treillis à mailles de 595 microns de côté. Puis, on extrait délicatement les structures intéressantes, rarement plus petites que les mailles du tamis, en veillant bien à ne pas perdre les petites pièces osseuses telles les otolithes. On replace ensuite ces structures dans le pilulier respectif, au préalable rincé et rempli d'environ deux tiers de volume d'eau.

Le tri effectué, on ajoute alors à l'eau entre quinze et vingt gouttes de peroxyde d'hydrogène 30 %. On laisse ainsi tremper les os une journée afin de les nettoyer des éventuels restes de mucus et de les blanchir.

L'étape de blanchiment terminée, on rince soigneusement les échantillons dans un bain d'eau claire et, après une journée supplémentaire, on sépare chaque pièce d'une pelote des autres, que l'on dispose enfin sur une boîte de Pétri afin de les laisser sécher à l'air libre.

Chaque boîte de Pétri renferme donc le contenu d'une seule pelote et est soigneusement numérotée. Y figurent également la date et le lieu de prélèvement.

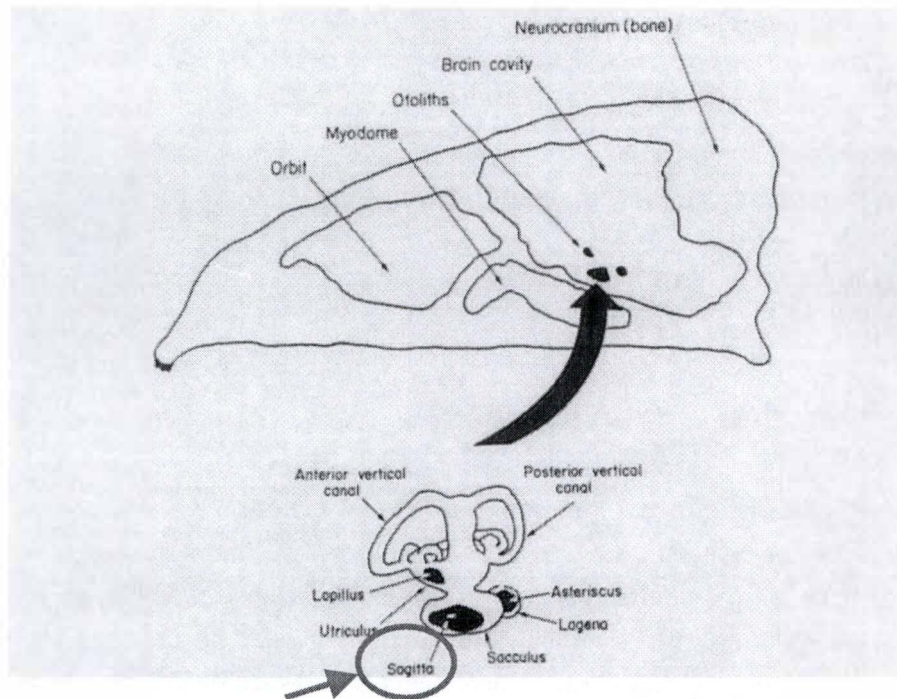


Figure II.7 : Illustration des trois types d'otolithes dans l'oreille interne des poissons osseux (Casteel, 1976).

### 2.1.3. Analyse et identification des structures osseuses

L'identification des poissons contenus dans les rejecta de cormoran est fondée sur la reconnaissance de structures osseuses caractéristiques de chaque espèce.

On se réfère pour cela à différentes clés de détermination, établies par Härkönen (1986), Libois et ses collaborateurs (1987), Libois et Hallet-Libois (1988), Veldkamp (1994, 1995), Radke ses collaborateurs (2000), ainsi qu'à nos propres collections de références. Celles-ci sont obtenues à partir de poissons pêchés, de longueur et de poids frais connus, desquels on a extrait les pièces anatomiques caractéristiques selon la méthode de Mathieu (1997) reprise dans l'annexe 3.

Les éléments intéressants utilisés pour la détermination des poissons sont les suivants :

- Les **otolithes**, pour tous les types de poissons. Celles-ci permettent l'identification des individus jusqu'à l'espèce, hormis chez la plupart des cyprinidés, pour lesquels d'autres structures sont nécessaires à la reconnaissance de l'espèce.  
Généralement, seules deux des six otolithes, les sagitta, persistent dans les pelotes (Casteel, 1976) (figure II.7).
- Les **os pré-operculaires**, pour la perche (*Perca fluviatilis* L.), la grémille (*Gymnocephalus cernua* (L.)), le sandre (*Sander lucioperca* (L.)).
- Les **mâchoires inférieures**, avec :
  - ◆ les **dentaires**, pour la plupart des espèces.
  - ◆ les **maxillaires**, pour les différents cyprins.
  - ◆ les **pré-maxillaires**, pour la perche, le sandre, la grémille.
- Les **os pharyngiens**, pour la reconnaissance des cyprins. Ceux-ci comportent, selon les espèces, une, deux ou trois rangées de dents pharyngiennes. La discrimination des différentes espèces à deux rangées de dents, le goujon (*Gobio gobio* L.) excepté, est difficile, compte tenu de leur étroite ressemblance. Pour ce genre de structures, d'autres sont nécessaires à la détermination précise de l'espèce.
- Les **opercules**, particulièrement chez l'anguille (*Anguilla anguilla* L.).
- L'**os basioccipital**, pour l'anguille.
- Les **plaques masticatrices**, pièces cartilagineuses uniques situées sous le palais, utilisées principalement pour les cyprinidés.

Toutes ces structures anatomiques sont analysées sous un binoculaire Nikon grossissant entre huit et trente-cinq fois.

#### 2.1.4. Evaluation du nombre de poissons capturés

Le comptage des proies s'effectue par dénombrement des pièces anatomiques les plus abondantes dans la pelote étudiée, pour l'espèce considérée (Hallet-Libois, 1985 ; Dirksen *et al.*, 1995). Il s'agit généralement des otolithes, pour lesquelles on compte les paires, ainsi que des coussinets de mastication. Dans le cas de l'utilisation d'éléments symétriques, à savoir les mâchoires inférieures, les os pharyngiens, les opercules et les os pré-operculaires, les structures gauches et droites sont dénombrées séparément et, selon la technique du nombre minimum, le nombre le plus élevé est retenu.

#### 2.1.5. Détermination de la taille des poissons consommés

La mesure des longueurs caractéristiques de nombreuses pièces anatomiques permet, via l'utilisation de méthodes de régression, d'estimer la taille des proies.

Connaissant cela, on peut déterminer, pour chaque espèce, les classes de tailles exploitées par l'oiseau. De même, la longueur des proies est indispensable, via la régression poids-longueur, au calcul de la biomasse ingérée par le grand cormoran.

##### 2.1.5.1. Mesure des structures anatomiques

La détermination de la taille originelle des proies ingérées commence par la mesure des structures anatomiques au papier millimétré.

Afin de pouvoir travailler sur des données comparables, il est impératif de toujours se référer à la même mesure. En d'autres termes, si l'on choisit, par exemple, de se baser sur la distance comprise entre les deux extrémités des dents pharyngiennes, il nous faudra toujours maintenir cette mesure comme référence.

Les distances choisies pour la détermination de la taille des proies sont les suivantes :

- **Otolithes** : longueur (mm)
- **Os pré-operculaires** : distance entre les deux extrémités (mm)
- **Mâchoires inférieures** :
  - ◆ **dentaires** : longueur totale de la rangée de dents (mm)
  - ◆ **maxillaires** : longueur totale (mm)
  - ◆ **pré-maxillaires** : longueur totale (mm)

- **Os pharyngiens** : la distance (mm) utilisée pour les différentes espèces est illustrée à l'annexe 4
- **Opercules** : longueur totale (mm)
- **Os basioccipital** : longueur totale (mm)
- **Plaque masticatrice** : longueur (mm)

Toutes ces mesures sont reprises dans l'annexe 4.

#### 2.1.5.2. Estimation de la taille des poissons consommés

Une fois les différentes pièces osseuses caractéristiques mesurées, on peut retrouver la taille originelle des poissons consommés par le grand cormoran via l'utilisation de régressions linéaires. Ces régressions proviennent soit de la littérature (Härkönen, 1986 ; Libois *et al.*, 1987 ; Libois & Hallet-Libois, 1988 ; Veldkamp, 1994, 1995 ; Radke *et al.*, 2000 ; Leopold *et al.*, 2001), soit de calculs effectués sur base de notre propre collection de référence.

Un tableau reprenant les régressions utilisées pour les différentes espèces est représenté dans l'annexe 5.

**N.B. :** La section 'ablette-rotengle' représente les dents pharyngiennes de ces deux cyprins d'une ressemblance telle qu'elle ne permettait pas de discriminer l'une ou l'autre des deux espèces. L'hybridation fréquente des cyprins complique encore l'identification.

Les cyprins indéterminés correspondent aux otolithes qui, seules, ne suffisent pas à la reconnaissance de l'espèce.

Les salmonidés indéterminés reprennent les otolithes répondant aux caractéristiques de celles des salmonidés mais qui n'ont pu être attribuées à une espèce.

#### 2.1.6. Détermination de la biomasse ingérée

Connaître la consommation pondérale du grand cormoran est primordial pour l'estimation de l'importance de la prédation de l'oiseau sur les communautés ichthyologiques.

A l'instar de la taille des poissons ingérés, leur biomasse a elle-même été calculée par régressions linéaires issues de la littérature ou de nos propres travaux.

L'annexe 5 reprend les régressions poids-longueur employées.

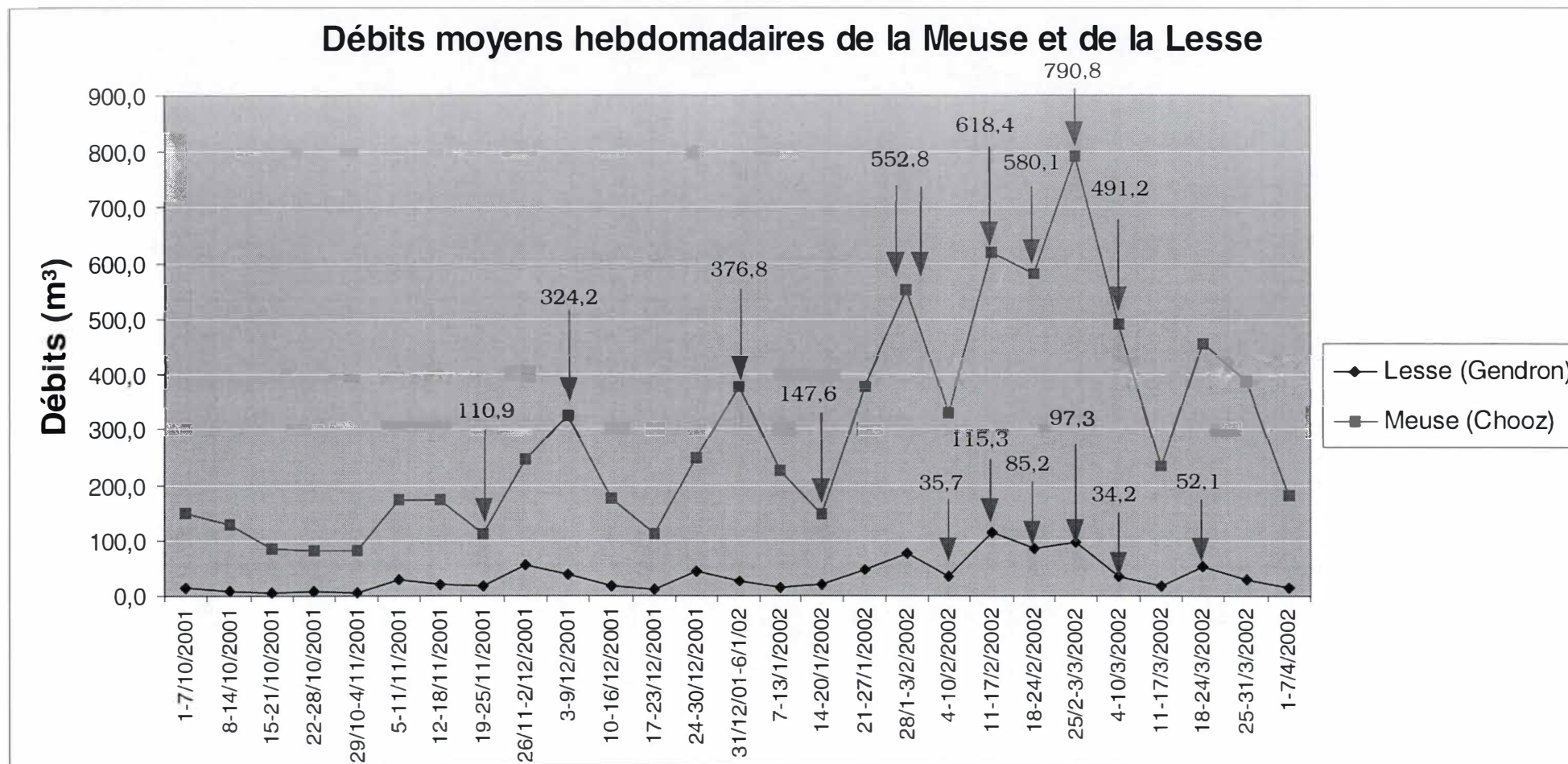


Figure II.8 : Evolution du débit des deux rivières lors de la période d'échantillonnage (les flèches représentent les jours de récolte des pelotes de régurgitation).

### 2.1.7. Estimation du niveau de prédation

Comme nous l'a déjà renseigné la section 2.3.1 du précédent chapitre, l'estimation des pertes occasionnées par le grand cormoran chez les différentes espèces ichtyologiques, exprimées en kg/an ou en t/an, se fait selon la formule suivante :

$$\text{Perte} = \text{Nombre de cormorans} * \text{Nombre jours de présence} * \text{Ration alimentaire journalière} * \text{\% d'une espèce particulière dans le régime}$$

Rapportée au stock de poissons de cette espèce, on obtient la perte dite relative. Si le stock est ignoré, comme c'est le cas dans la majorité des situations, on ne dispose alors que d'une perte absolue (Leopold *et al.*, 1998 ; Russel, 2002).

On peut également évaluer l'importance des prélèvements dans les diverses classes de tailles en remplaçant simplement la proportion de l'espèce particulière par la proportion d'une certaine gamme de tailles dans le régime de l'oiseau.

Les données concernant le nombre de cormorans présents aux dortoirs ainsi que la durée de leur séjour sont fournies grâce à de nombreuses campagnes de comptages réalisées par les ornithologues d'AVES et, dans le cas particulier des cormorans de Vas'tî-Frotte, par G. Evrard.

## 2.2. Données du régime hydrique des deux cours d'eau

Les données relatives au régime hydrique des deux cours d'eau de notre étude nous ont été fournies par le Ministère wallon de l'Équipement et des Transports - Direction générale des Voies hydrauliques - Direction des Études hydrologiques et des Statistiques.

Les mesures du débit de la Meuse ont été prises à Chooz, au nord de la France ; quant aux mesures du débit de la Lesse, celles-ci proviennent de la station de Gendron, à proximité de la confluence avec la Meuse. L'évolution du débit des deux rivières lors de la période d'échantillonnage est présentée à la figure II.8.

3. Traitement des données

3.1. Encodage des données

Les données récoltées sur le terrain sont encodées au moyen du tableur Excel. Un tableau est réalisé pour chaque dortoir et se présente de la façon suivante :

| Date de prélèvement | N° de pelote | Espèces | Structures identifiées | Longueur de la structure (mm) | Longueur du poisson (cm) | Poids du poisson (g) | Nb poissons |
|---------------------|--------------|---------|------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------|
|                     |              |         |                        |                               |                          |                      |             |

Ce tableau constitue la base de notre analyse. Une fois sous cette forme, les données peuvent ensuite être regroupées de telle ou telle manière afin d'étudier différents paramètres, comme la variation temporelle du régime, les classes de tailles consommées, la biomasse ingérée, etc.

Un autre tableau, reprenant les données de poissons recueillies lors des pêches électriques, est construit et permettra de comparer les espèces présentes dans le régime avec les populations des deux cours d'eau, les classes de tailles prélevées par rapport à celles disponibles dans le milieu, etc. Un modèle de ce tableau est repris ci-dessous.

| Espèce 1             |           | Espèce 2             |           | Espèce 3             |           |
|----------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|
| longueur totale (mm) | poids (g) | longueur totale (mm) | poids (g) | longueur totale (mm) | poids (g) |

3.2. Analyse statistique

Plusieurs outils statistiques ont été utilisés.

Ainsi, plusieurs analyses en composantes principales (ACP) ont été réalisées (Legendre & Legendre, 1998). Nous avons de cette façon voulu visualiser la répartition des pelotes entre elles selon différents critères (le site, le temps et le débit).

Comme son nom l'indique, cette analyse consiste à rechercher les composantes principales, c'est-à-dire les principaux facteurs expliquant le maximum de variations au sein des objets (les pelotes). En répartissant les descripteurs de nos objets (les espèces-proies) sur un plan formé par deux axes, ou plutôt deux composantes principales, nous pouvons examiner la disposition résultante des objets sur ce même plan et percevoir ou non des groupes d'objets, caractérisés par les mêmes descripteurs.

Des ANOVA 1 (Dagnelie, 1975) ont également été utilisées pour tester l'influence du temps sur la diversité du régime alimentaire et sur l'abondance relative des principales espèces consommées.

Afin de comparer les proportions des espèces ichthyennes dans l'alimentation du grand cormoran pour diverses situations (dortoir en Meuse ou en Lesse, débits forts ou faibles), nous avons eu recours à un test d'indépendance de  $\chi^2$ .

Enfin, un test t-student de comparaison des moyennes (Dagnelie, 1975) a été réalisé pour observer une éventuelle divergence du poids moyen consommé par cormoran et par semaine entre les deux dortoirs. Dans ce but, un test d'homoscédasticité (homogénéité des variances) de Bartlett a dû être effectué au préalable.

*RÉSULTATS ET  
INTERPRÉTATION*

### III. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

#### 1. Evaluation de la population hivernante aux dortoirs

Afin d'estimer le niveau de prédation exercé par le grand cormoran sur un site, nous devons nécessairement connaître le nombre d'oiseaux présents sur ce site et ce, tout au long de la période considérée.

Des comptages réguliers au dortoir de Villers-sur-Lesse n'ayant pu être assurés, nous n'exposerons ici que le résultat des comptages hebdomadaires des grands cormorans de Vas'tî-Frotte, effectués conjointement par les ornithologues d'AVES et G. Evrard au coucher du soleil, moment où tous les hivernants ont rejoint le dortoir.

Ces données de comptage couvrent la période du 9 octobre 2001 au 23 juillet 2002 et sont présentées dans la figure III.1 ci-dessous.

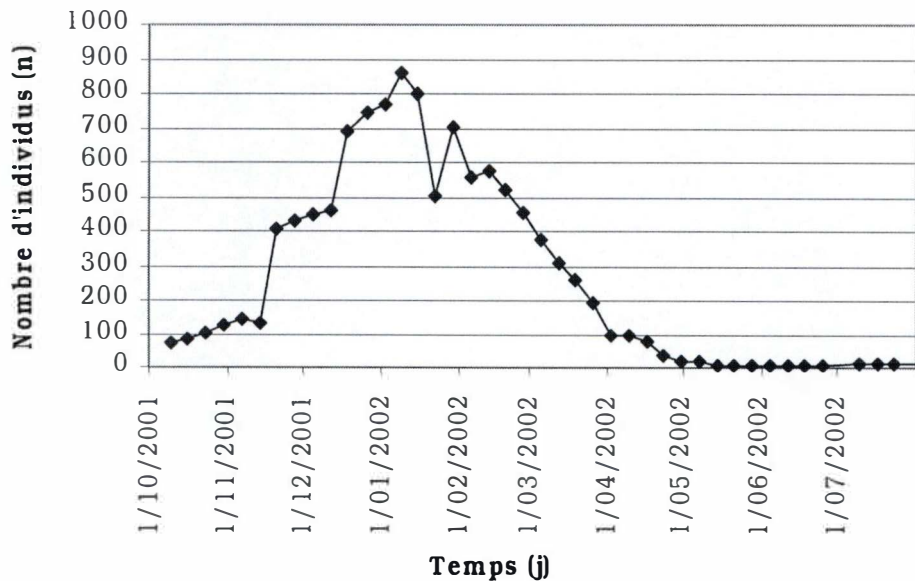


Figure III.1 : Effectifs des grands cormorans hivernant au dortoir de Vas'tî-Frotte comptés une fois par semaine, du 9 octobre 2001 au 23 juillet 2002.

Comme nous pouvons le constater, le dortoir de Vas'tî-Frotte a connu son maximum de densité le 8 janvier 2002, avec quelques 858 cormorans, alors que seuls 4 individus ont pu y être dénombrés au cours de la seconde moitié du mois de mai 2002. Nous obtenons ainsi une moyenne de 265,5 cormorans pour l'ensemble de la période de comptage.

L'évolution des hivernants dans ce dortoir est tout à fait conforme au schéma de migration de cet oiseau. Nous avons ainsi observé une arrivée massive de celui-ci sur l'île au mois de novembre ainsi que d'importants départs tout au long du mois de mars.

Remarquons également que la présence d'oiseaux en dehors de la période d'hivernage nous confirme qu'une petite colonie de grands cormorans commence à s'établir sur le site de Vas'tî-Frotte.

## **2. Régime alimentaire du grand cormoran en Meuse et en Lesse**

**N.B. :** Un tableau récapitulatif des proportions en nombre et en poids des différentes espèces-proies ainsi que leur occurrence, pour les dortoirs de Vas'tî-Frotte et de Villers-sur-Lesse, se trouve à l'annexe 6.

### **2.1. Importance des différentes espèces de poissons dans le régime**

#### **2.1.1. Au dortoir de Vas'tî-Frotte**

Sur les 216 pelotes récoltées sur le dortoir de Vas'tî-Frotte et traitées, seules 50 ont été analysées, l'identification complète ne pouvant s'effectuer, en moyenne, qu'à la fréquence de trois pelotes par jour. Nous avons donc sélectionné 5 pelotes pour chaque semaine d'échantillonnage, ce qui nous a amenés à identifier 820 poissons, totalisant 20085,8 g.

Bien entendu, ce chiffre de 5 pelotes est représentatif du contenu des pelotes des oiseaux de l'île. Une analyse des moyennes cumulées du nombre de gardons pour un nombre croissant de pelotes, prouvant la représentativité de ces 5 pelotes, est fournie dans l'annexe 7.

## 2.1.1.1. Régime alimentaire de novembre 2001 à mars 2002

## \* En nombre de proies

La figure III.2 montre que, pour l'ensemble de la période d'échantillonnage, le régime alimentaire des grands cormorans hivernant sur la Meuse se compose essentiellement de cyprins, qui constituent en effet les deux tiers des proies de l'oiseau. Parmi ceux-ci, le **gardon** (32,0 %) et le **goujon** (24,4 %) représentent à eux seuls quelques 56,3 % de l'alimentation. Viennent ensuite les percidés, avec principalement la **grémille** (18,9 %) et la **perche** (12,3 %).

Seule l'anguille, capturée uniquement à raison de 1,2 %, ne fait pas partie de ces deux grandes familles ichthyologiques.

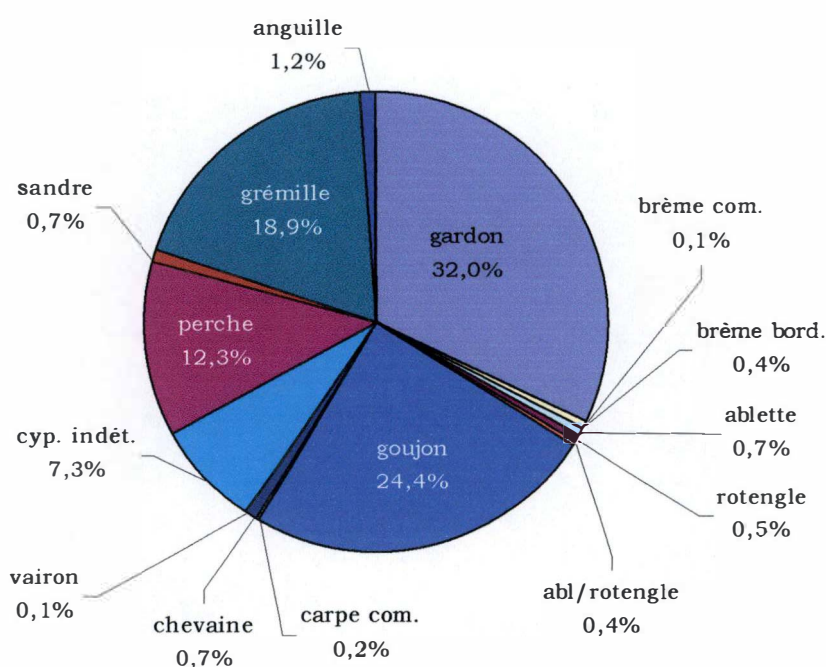


**Figure III.2 :** Composition du régime alimentaire (en % du nombre de proies) du grand cormoran hivernant sur la Meuse, du 23 novembre 2001 au 7 mars 2002 (50 pelotes).

### \* En poids des proies

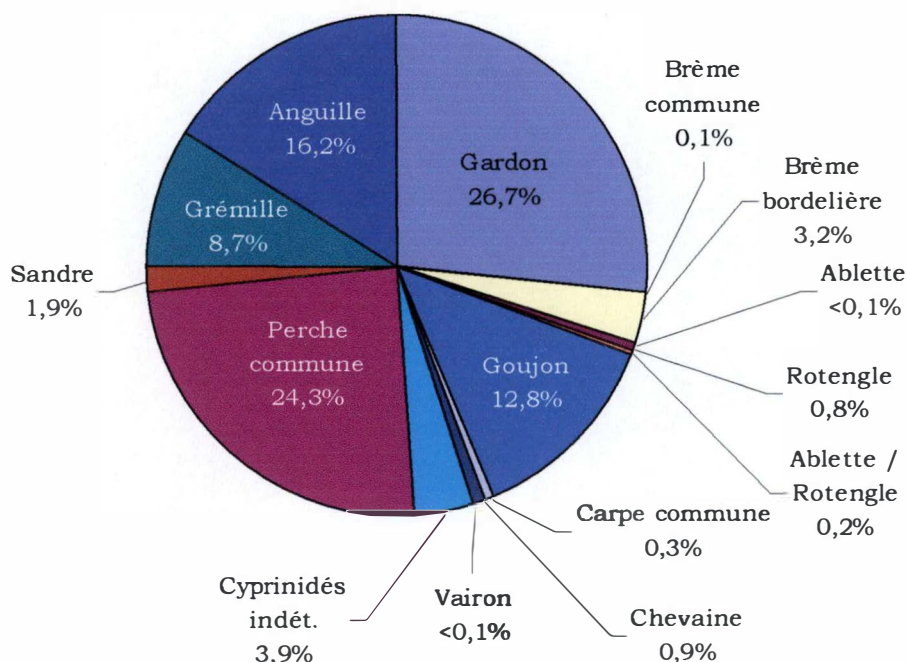


**Figure III.3 :** Composition du régime alimentaire (en % de poids des proies) des grands cormorans hivernant sur la Meuse, du 23 novembre 2001 au 7 mars 2002 (50 pelotes).

Lorsque l'on se penche plutôt sur la part qu'apportent les différentes espèces de proies dans le poids consommé, de 401,7 g en moyenne par oiseau et par jour, on peut observer de grands changements de proportions (figure III.3).

Ainsi, l'anguille, que l'on ne retrouvait qu'à 1,2 % dans les captures de l'oiseau, est, en poids, une des espèces les plus importantes (16,2 %). Cela signifie bien entendu que les quelques individus pêchés sont tous de grande taille. La contribution de la perche a également augmenté, de gros spécimens ayant été consommés.

A contrario, la part des goujons (12,8 %) et des grémilles (8,7 %) dans le poids ingéré a diminué, ces espèces étant effectivement de petite taille.

### \* En terme d'occurrence

Nous avons exposé ci-dessus quelles sont, globalement, les différentes espèces qui composent l'alimentation du grand cormoran de Meuse ainsi que l'importance qu'elles occupent en nombre et en poids.

Il ne faut cependant pas oublier qu'une généralisation comporte ses erreurs. Ainsi, les pelotes extrêmes peuvent accentuer ou réduire fortement la contribution des différentes espèces de proies dans le régime. C'est pourquoi il est important de présenter ici l'occurrence relative de

ces espèces, c'est à dire la fréquence des pelotes dans lesquelles on les retrouve, quel que soit leur pourcentage.

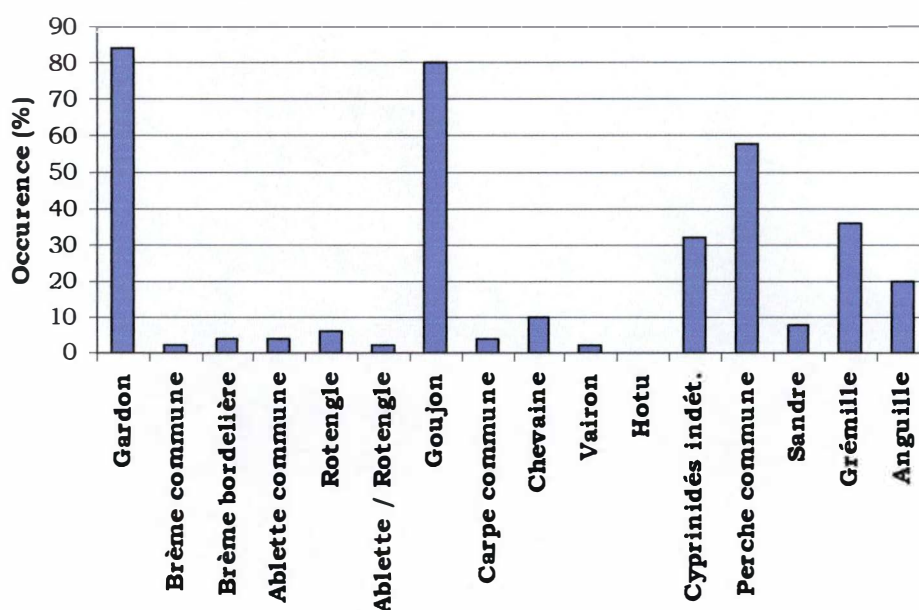


**Figure III.4 :** Occurrence des différentes espèces-proies dans le régime du grand cormoran hivernant au dortoir de Vas'ti-Frotte du 23 novembre 2001 au 7 mars 2002 (50 pelotes).

La figure III.4 nous montre que c'est incontestablement le **gardon** et le **goujon** qui dominent, affichant respectivement une occurrence de 84 % et de 80 %. On voit tout de suite aussi que la perche (58 %) et l'anguille (20 %), notamment, se retrouvent plus fréquemment dans l'alimentation de l'oiseau que ne pourrait le laisser penser leur abondance relative. Cela signifie sans doute que ces espèces apparaissent généralement en nombre limité dans les pelotes. Tel est aussi le cas de la grémille, avec 36 % d'occurrence pour une abondance relative de 18,9 %. Si cette espèce, lorsqu'on la retrouve dans une pelote, est souvent représentée par quelques individus, il apparaît cependant que certains cormorans l'ont consommée abondamment et de manière exclusive.

#### 2.1.1.2. Comparaison du régime alimentaire avec les populations ichtyennes

Afin d'estimer si le régime du grand cormoran reflète les populations en présence ou si, au contraire, celui-ci privilégie plutôt telle ou telle espèce, nous devons comparer son alimentation avec les proportions des espèces ichtyologiques peuplant les eaux de la Meuse.

La figure III.5a présente l'abondance relative des différentes espèces de poissons de Meuse, en amont de Namur, évaluée par pêche aux filets maillants et à l'électricité. Ce graphe reprend les 11 principales espèces ; les autres sont répertoriées dans le taxon 'autres'.

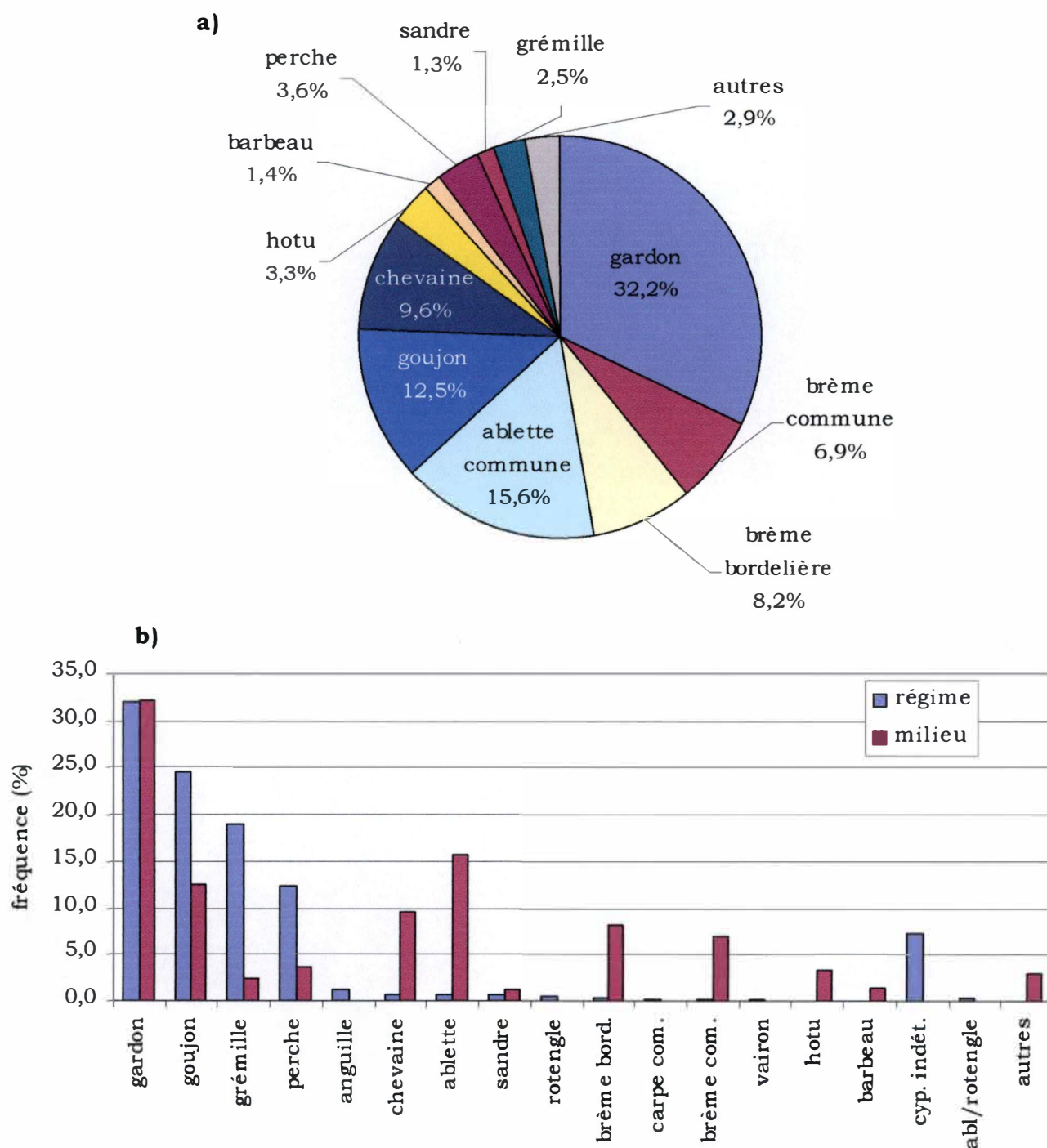


**Figure III.5 : a)** Abondance relative moyenne des différentes espèces ichthyologiques en Meuse namuroise pour les années 1998, 1999 et 2000 (Goffaux et al., 2001).  
**b)** Comparaison de l'abondance relative des différentes espèces proies dans le régime et dans le milieu.

Globalement, nous retrouvons les mêmes espèces tant dans le régime du grand cormoran que dans les communautés ichthyennes de Meuse. Cependant, de nombreux changements de proportions sont à signaler (figure III.5b).

Ainsi, la perche et la grémille semblent consommées dans de plus fortes proportions. Le goujon est également moins abondant dans le cours d'eau que dans l'alimentation de l'oiseau. Le chevaine, l'ablette et les brèmes paraissent, par contre, sous-capturés. Seule la consommation du gardon est conforme à sa proportion dans le milieu.

### 2.1.2. Au dortoir de Villers-sur-Lesse

Faute d'échantillons disponibles sur ce dortoir, nous avons traité et analysé toutes les pelotes que nous avons pu récolter, sans utiliser un nombre fixe de pelotes pour chaque semaine. Nous avons ainsi collecté 7 pelotes la première semaine, 10 la seconde, 12 la troisième, 9 les deux semaines suivantes et enfin 3 lors du dernier échantillonnage. Nous avons, de cette façon, identifié 873 proies, soit un poids total de 14954,3 g.

Un graphique, présenté à l'annexe 7, montre qu'à partir de 7 pelotes, notre échantillonnage devient représentatif. Notre dernière semaine d'échantillonnage n'est donc pas représentative.

#### 2.1.2.1. Régime alimentaire de février à mars 2002

##### **\* En nombre de proies**

De manière générale, pour la totalité des pelotes récoltées, nous pouvons observer, à la figure III.6, que les cyprins représentent plus des trois quarts des proies du grand cormoran hivernant sur la Lesse. Le **gardon** et le **goujon** constituent à eux seuls 53,2 % des proies de l'oiseau. Viennent ensuite la **perche** (15,0 %) et le **rotengle** (9,2 %). Quant aux salmonidés, ceux-ci ne se retrouvent parmi les espèces consommées que dans de faibles proportions, n'atteignant pas, ensemble, les 5 %.

C'est donc vraisemblablement un régime à forte tendance 'cyprinivore' que semble adopter le grand cormoran hivernant sur la Lesse.

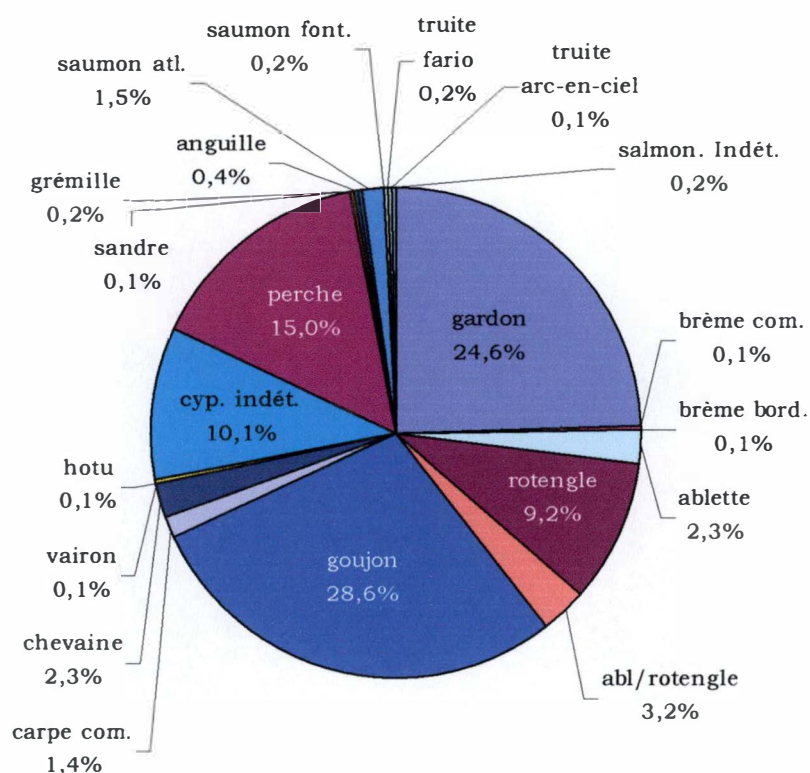


**Figure III.6 :** Composition du régime alimentaire (en % du nombre de proies) du grand cormoran hivernant sur la Lesse, du 5 février au 20 mars 2002 (50 pelotes).

#### \* En poids des proies

En terme de poids, pour des pelotes d'une moyenne de 300,2 g par cormoran et par jour, le gardon et le goujon restent prédominants, totalisant 42,9 % du poids consommé (figure III.7). Les perches ne représentent plus que 9,9 %, ce qui signifie que ce sont des individus de petite taille qui sont préférentiellement ingérés. A contrario, les chevaines, peu présents en terme d'abondance (2,3 % des proies), correspondent à 9,3 % du poids des proies. Chez cette espèce, ce sont donc de plus gros individus qui ont été capturés par l'oiseau. Il en va de même pour le saumon atlantique, couvrant 7,0 % du poids consommé alors qu'on ne le retrouve qu'à 1,5 % dans le régime.

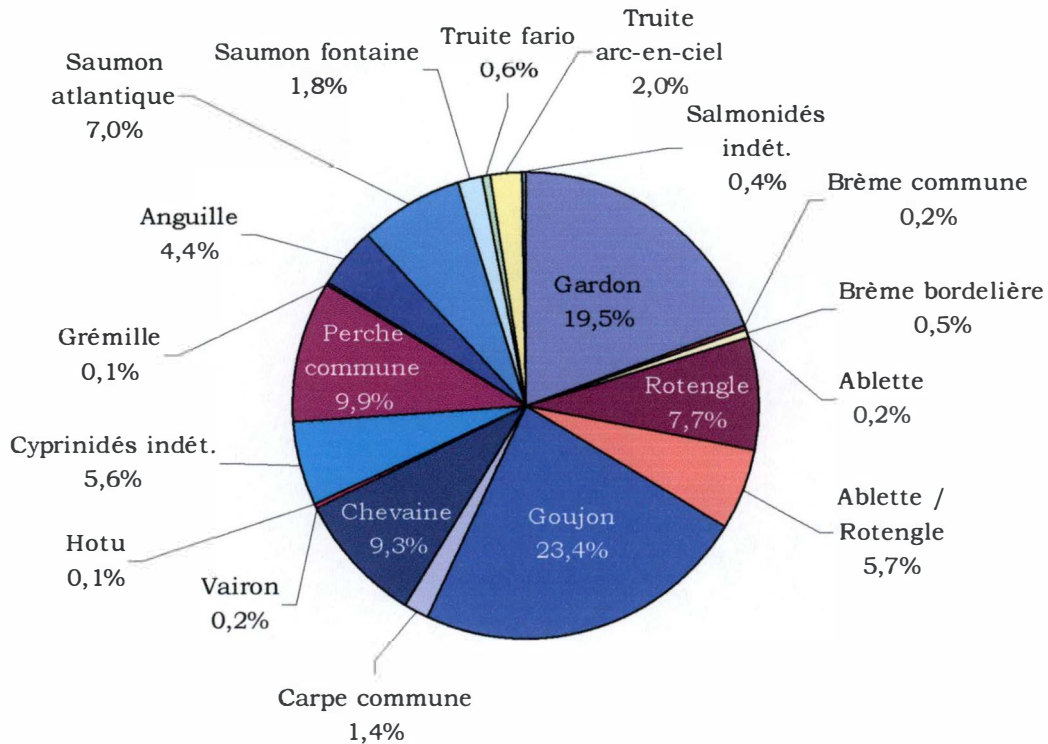


**Figure III.7 :** Composition du régime alimentaire (en % de poids des proies) du grand cormoran hivernant sur la Lesse, du 5 février au 20 mars 2002 (50 pelotes).

**\* En terme d'occurrence**

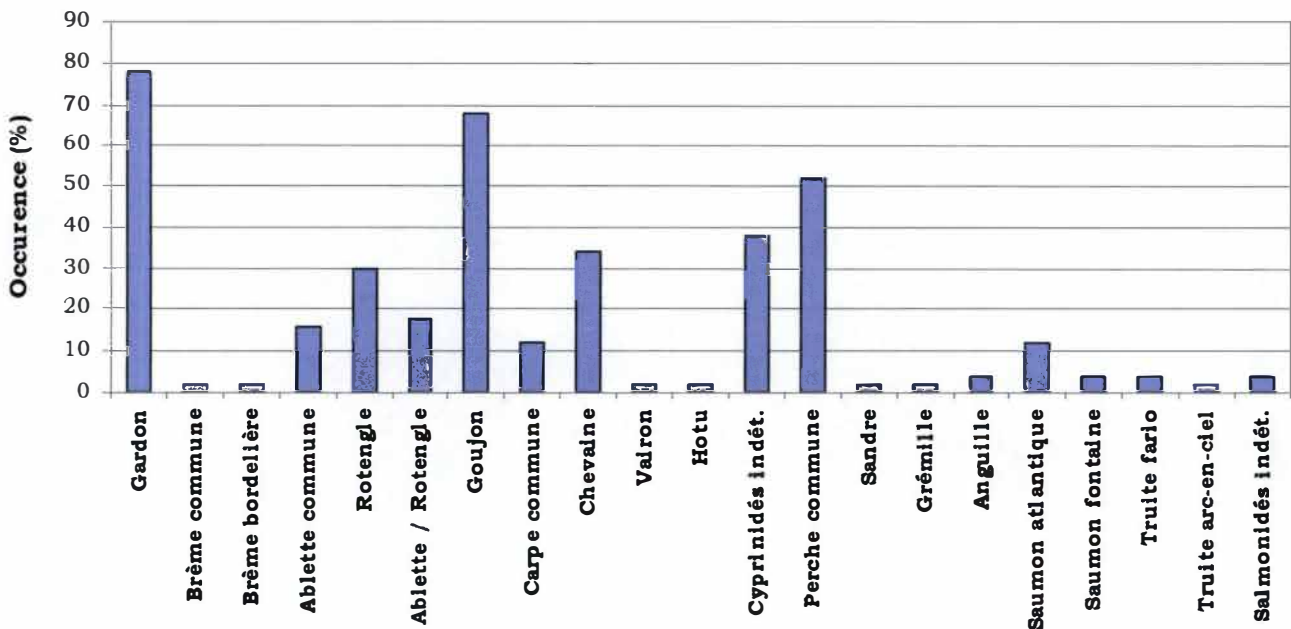


**Figure III.8 :** Occurrence des différentes espèces-proies dans le régime du grand cormoran hivernant au dortoir de Villers-sur-Lesse du 5 février au 20 mars 2002 (50 pelotes).

Comme nous pouvons le constater à la figure III.8, le **gardon** (78,0 %), le **goujon** (68,0 %), la **perche** (52,0 %), le **chevaine** (34,0 %) et le **rotengle** (30,0 %) sont les espèces les plus fréquemment capturées par les grands cormorans de Villers-sur-Lesse. Les autres espèces apparaissent de façon peu récurrente, voire même ponctuelle.

#### 2.1.2.2. Comparaison du régime alimentaire avec les populations ichthyennes

Afin de présenter au mieux les différentes espèces de poissons en Lesse susceptibles d'être soumises à la prédation du cormoran, nous avons effectué deux passages de pêche électrique au niveau du château d'Haroy, en aval de Villers-sur-Lesse, connu pour être fréquenté par les oiseaux de ce dortoir.

La figure III.9 montre que dans ce milieu dominent nettement le chabot, l'ablette spirilin puis le barbeau.

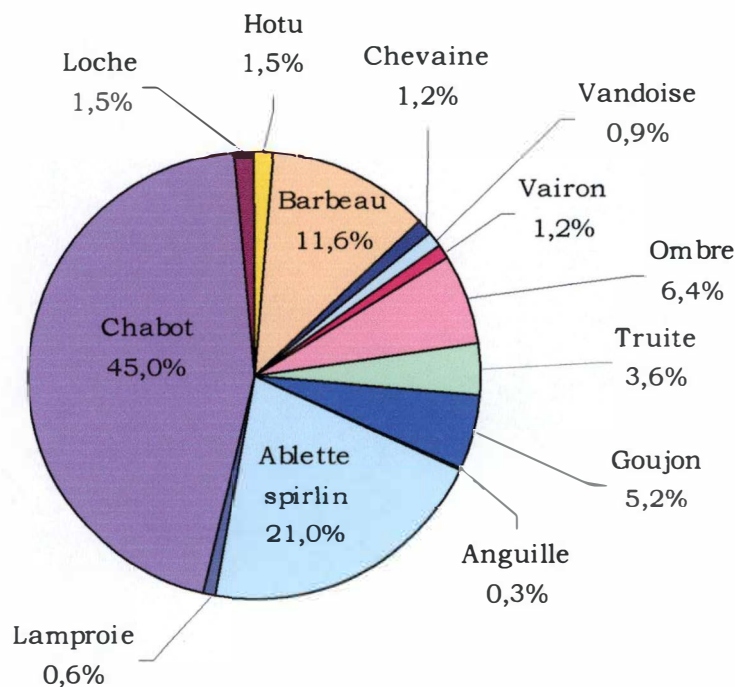


**Figure III.9** : Abondance relative des espèces de poissons présentes au château d'Haroy (Lesse) le 18 juillet 2002.

Comme nous pouvons aisément le constater, peu de correspondances existent entre le régime du grand cormoran et les populations ichthyologiques présentes dans cette portion de la Lesse. Le chabot et le barbeau, pourtant dominants dans le cours d'eau (avec respectivement 45,0 % et 11,6 %), sont absents du régime. L'ablette, elle aussi prépondérante dans le milieu (21,0 %), ne constitue que 2,3 % de l'alimentation du grand cormoran. La loche, la lamproie et surtout l'ombre n'apparaissent également pas dans les pelotes.

A contrario, au niveau des espèces présentes à la fois dans le régime et le milieu, le goujon (28,6 % du régime) semble particulièrement surconsommé.

De même le gardon et la perche, très présents dans le régime (soit 24,6 % et 15,0 % respectivement), paraissent absents de cette zone de la Lesse.

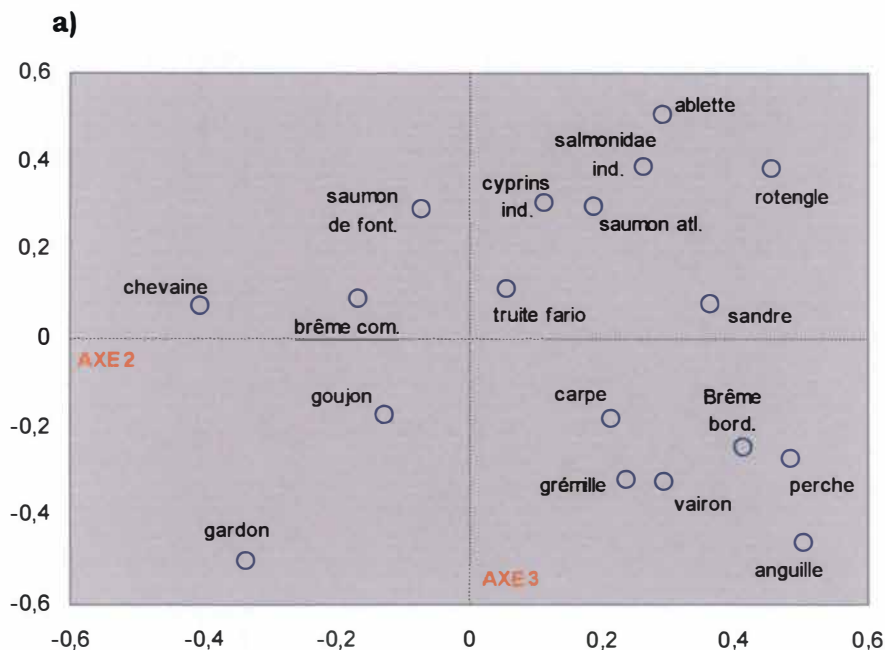
### 2.1.3. Comparaison du régime alimentaire des grands cormorans hivernant sur la Meuse ou sur la Lesse

Afin de percevoir les divergences de régime alimentaire entre les cormorans hivernant sur la Meuse et sur la Lesse, nous avons tout d'abord réalisé une ACP (Analyse en Composantes Principales).

Pour la réalisation de cette analyse, nous avons choisi de travailler sur les abondances semi-quantitatives des espèces-proies, classées en trois catégories (absence, présence en faible quantité et abondance), plutôt que sur les données brutes, de présence-absence ou les données obtenues après transformation en  $\log(n+1)$ .

Cette transformation en abondances semi-quantitatives nous semblait plus intéressante que les autres. En effet, même si toutes allaient dans le même sens, celle-ci nous permettait en outre de ne considérer que les grandes différences d'abondance relative entre les pelotes, sans être trop restrictive comme les données de présence-absence.

Bien que, pour une ACP, la logique veuille que l'on utilise les deux premiers axes (annexe 8), ceux-ci expliquant la plus grande part de la variance entre les pelotes (13,9 % et 9,6 % respectivement dans notre cas), nous avons préféré utiliser le plan formé par les axes 2 et 3 (19,1 % de la variance expliquée par rapport à 23,5 % pour le couple axes 1 et 2). Celui-ci s'est en effet avéré le seul apte à montrer une certaine distinction entre les pelotes de Lesse et de Meuse.



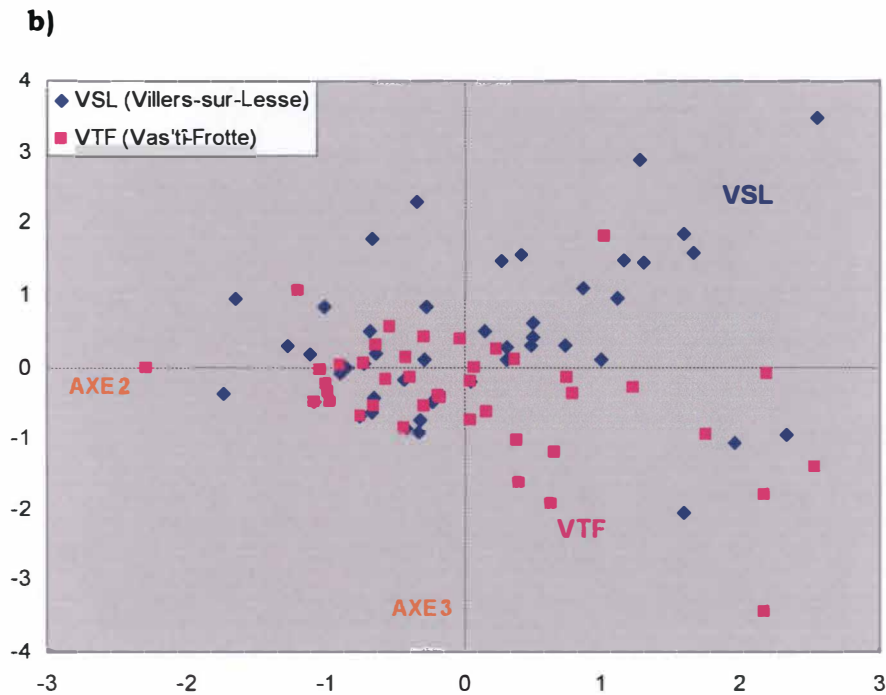


**Figure III.10 :** ACP réalisée sur l'ensemble des échantillons (100 pelotes)

**a)** Répartition des descripteurs (espèces-proies) sur le plan formé par les axes 2 et 3

**b)** Répartition des objets (pelotes) sur ce même plan

L'analyse de la figure III.10a, révèle que l'axe 3 permet de séparer les salmonidés, plus typiques du régime des cormorans de Lesse, des espèces comme le gardon, le goujon, la perche et la grémille, plutôt répandues en Meuse.

**N.B.:** Les 'ablettes/rotengles' ont été ici repris parmi les cyprins indéterminés.

La répartition des pelotes sur ce plan formé par l'axe 2 et 3 (figure III.10b), une fois les descripteurs séparés, nous montre deux tendances. A gauche de l'axe 3, les pelotes de Vas'tî-Frotte (VTF) et de Villers-sur-Lesse (VSL) se mélangent indistinctement. Il apparaît donc que ces pelotes ne sont pas caractérisées par des espèces fortement différentes. A droite de ce même axe, par contre, nous pouvons aisément remarquer une séparation des rejecta des deux dortoirs, les pelotes de Villers-sur-Lesse se retrouvant presque exclusivement au-dessus de l'axe 2, les pelotes de Vas'tî-Frotte, quant à elles, en dessous de cet axe. Il s'agit en fait, pour le dortoir de Lesse, des pelotes contenant des salmonidés mais aussi des ablettes et des rotengles et, pour le dortoir de Meuse, des pelotes renfermant des grémilles, des perches et des anguilles. Il ne nous semble cependant pas y avoir de grand gradient écologique, le premier axe, par exemple, n'expliquant que 13,9 % de la variance. Cela signifie que le contenu des pelotes n'est pas soumis à une forte contrainte, comme le site, le temps ou le climat, etc, mais plutôt à une interaction complexe entre une série de facteurs écologiques.

Nous avons ensuite réalisé un test d'indépendance de  $\chi^2$  afin de comparer, sur une même période (février-mars), le régime global des cormorans de Meuse et de Lesse sur base des proportions de poissons consommés. Ce test, repris dans l'annexe 9, nous informe qu'il y a 99,95 % de chances que le site ait une influence sur la consommation générale des cormorans.

Enfin, une analyse de l'évolution du nombre de perches (prédateur) en fonction du nombre de ses proies (gardons, goujons, ablettes, etc) ne nous a montré aucune relation. Ceci est intéressant dans le sens où il y a peu de chances qu'un nombre élevé de goujons, par exemple, dans des pelotes contenant des perches, provienne de l'estomac des perches elles-mêmes.

## **2.2. Evolution des captures au cours de la période d'hivernage**

L'hivernage des grands cormorans couvre une période conséquente, au cours de laquelle se produisent des étapes fondamentales de la dynamique de populations ichtyologiques, comme la reproduction, sources de variations de leurs effectifs.

C'est pourquoi, il nous est paru intéressant de savoir si les proportions des différentes espèces de poissons dans le régime de l'oiseau s'en ressentiraient.

Ne pouvant pas subdiviser aléatoirement la période d'échantillonnage, nous avons d'abord observé l'évolution journalière de l'abondance relative de chaque espèce dans l'alimentation du cormoran, afin de percevoir l'une ou l'autre fracture dans les proportions des proies. C'est ensuite sur base de ces éventuelles fractures que nous pourrions comparer différentes périodes entre elles.

### **2.2.1. Au dortoir de Vas'tî-Frotte**

L'évolution quotidienne de l'abondance relative des proies des cormorans de Vas'tî-Frotte est reprise à la figure III.11. Par souci de clarté, nous ne montrons ici que le cas du goujon, pris au hasard. Les principales autres espèces figurent dans l'annexe 10.

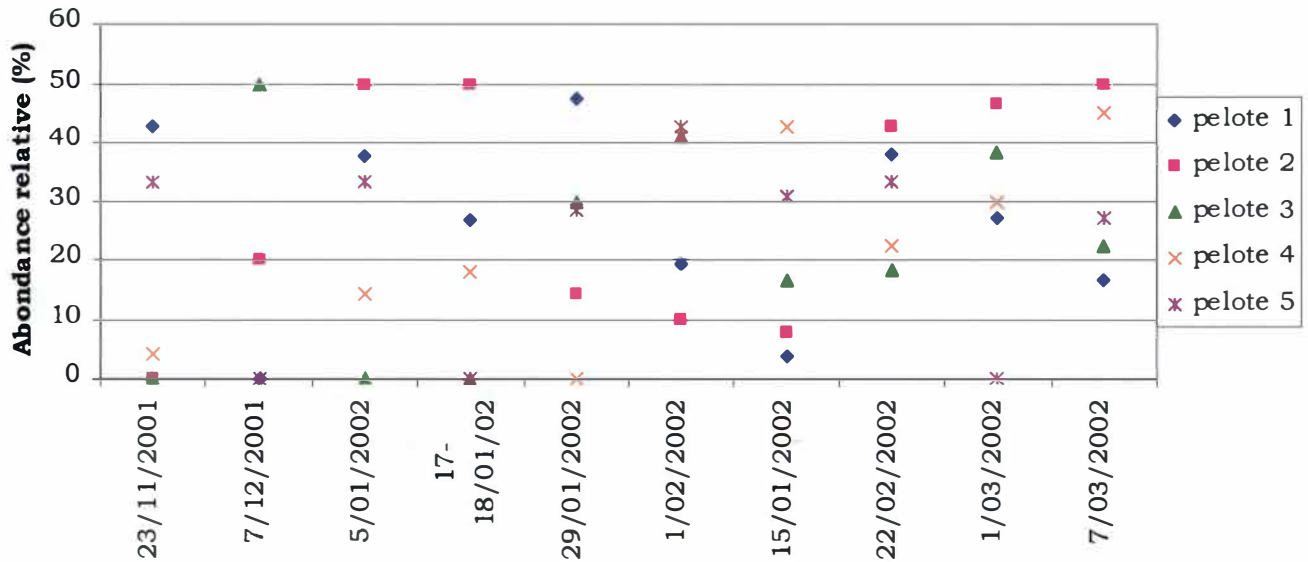
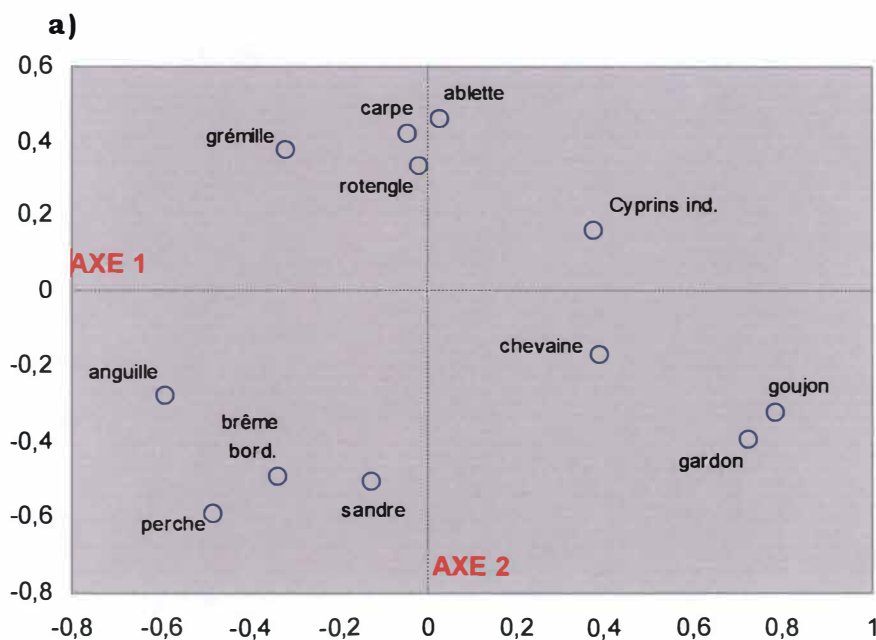


**Figure III.11 :** Evolution de l'abondance relative du goujon dans les pelotes des cormorans de Vas'ti-Frotte au cours de la période d'échantillonnage (50 pelotes).

Il paraît évident, au vu de ce graphique, qu'il n'y a pas de date 'charnière' séparant deux phases distinctes dans la consommation du goujon. Il en va de même pour les autres espèces (annexe 10).

Il nous semble donc inutile de segmenter la période d'échantillonnage, tant la variabilité interindividuelle est importante.

L'impossibilité de montrer des fluctuations temporelles dans les captures des cormorans de Meuse est confirmée par une ACP, réalisée sur base des abondances semi-quantitatives des espèces-proies et présentée dans les figures III.12a et b.



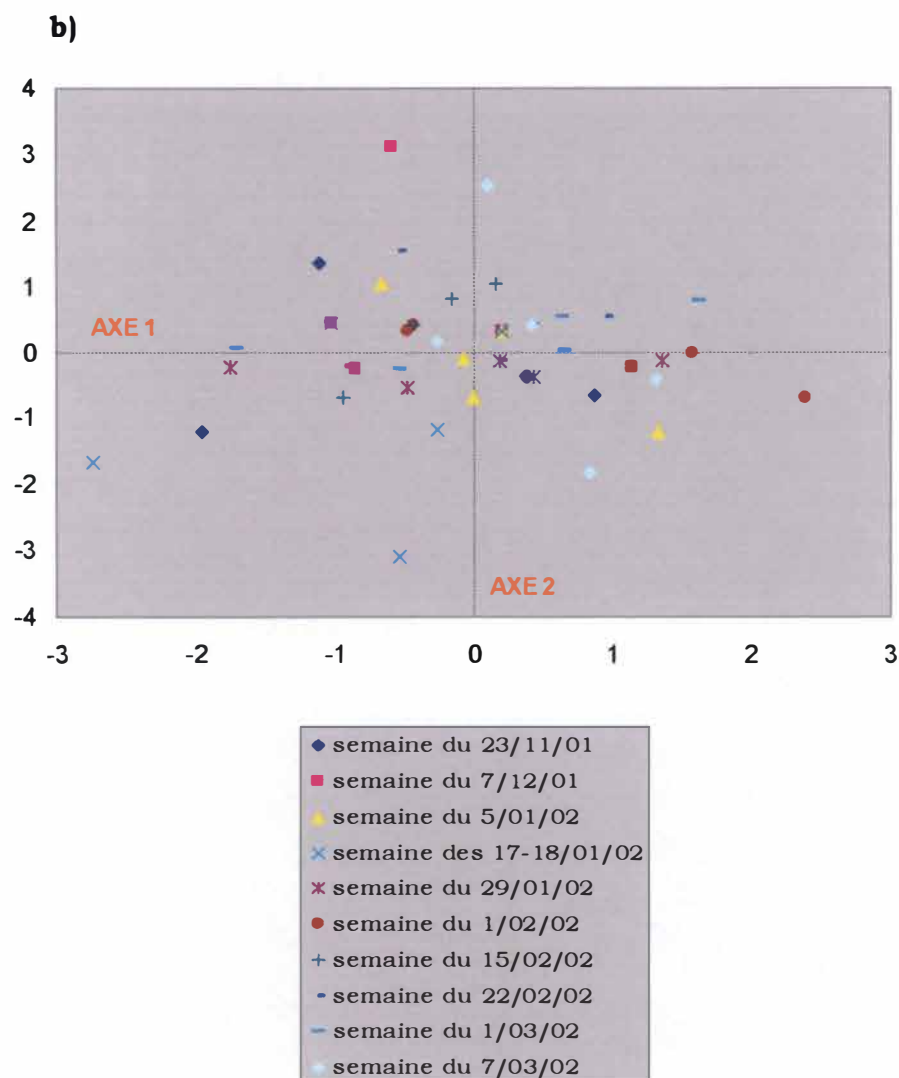


**Figure III.12 :** ACP réalisée sur l'ensemble des pelotes de Meuse (50 échantillons), chaque journée de prélèvement se distinguant par son propre symbole.

**a)** Répartition des descripteurs (espèces-proies) sur le plan formé par les axes 1 et 2.

**b)** Répartition des objets (pelotes) sur ce même plan.

Comme nous pouvons le constater, les pelotes des cormorans de Vas'tî-Frotte se chevauchent complètement dans le plan formé par les axes 1 et 2 (expliquant 34 % de la variance). Cela prouve une fois encore qu'aucune journée d'échantillonnage ne se distingue des autres.

Une ANOVA 1, analysant l'évolution du nombre d'espèces retrouvées dans les pelotes en fonction de la date de pêche, ne nous montre pas de différence significative dans la diversité du régime alimentaire au cours de notre période d'étude.

D'autres ANOVA 1, utilisées dans le but d'observer une éventuelle influence du temps sur le nombre de gardons, goujons, perches et grémilles, ne nous présente aucune différence significative d'abondance relative (annexe 9).

### 2.2.2. Au dortoir de Villers-sur-Lesse

Nous avons ici suivi la même démarche que celle utilisée pour le dortoir de Vas'tî-Frotte. L'évolution quotidienne de l'abondance relative du goujon dans l'alimentation des cormorans de Villers-sur-Lesse est donc présentée à la [figure III.13](#) ; celle des autres espèces est également reprise dans [l'annexe 10](#).

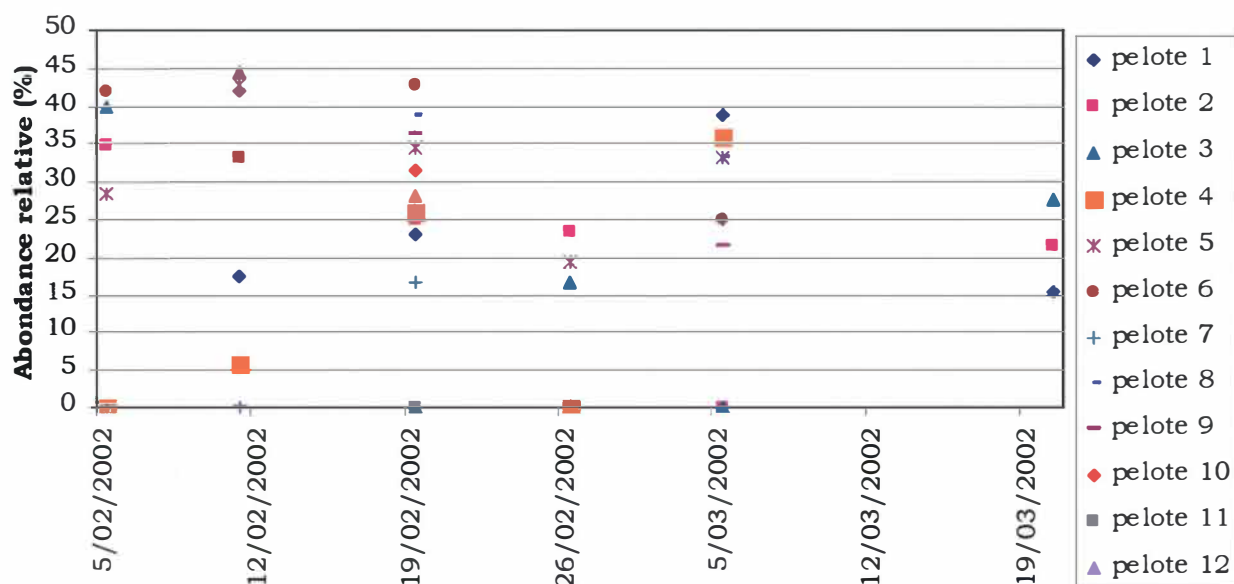


**Figure III.13 :** Evolution de l'abondance relative du goujon dans les pelotes des cormorans de Villers-sur-Lesse au cours de la période d'échantillonnage (50 pelotes).

Comme c'était le cas pour le régime des cormorans de Meuse, l'alimentation des cormorans hivernant sur la Lesse ne semble pas être scindée en périodes distinctes, tant au niveau de la consommation du goujon qu'au niveau de celle des autres poissons.

L'ACP réalisée pour toutes les pelotes de Villers-sur-Lesse, illustrée par les [figures III.14a](#) et [b](#), atteste ces observations.

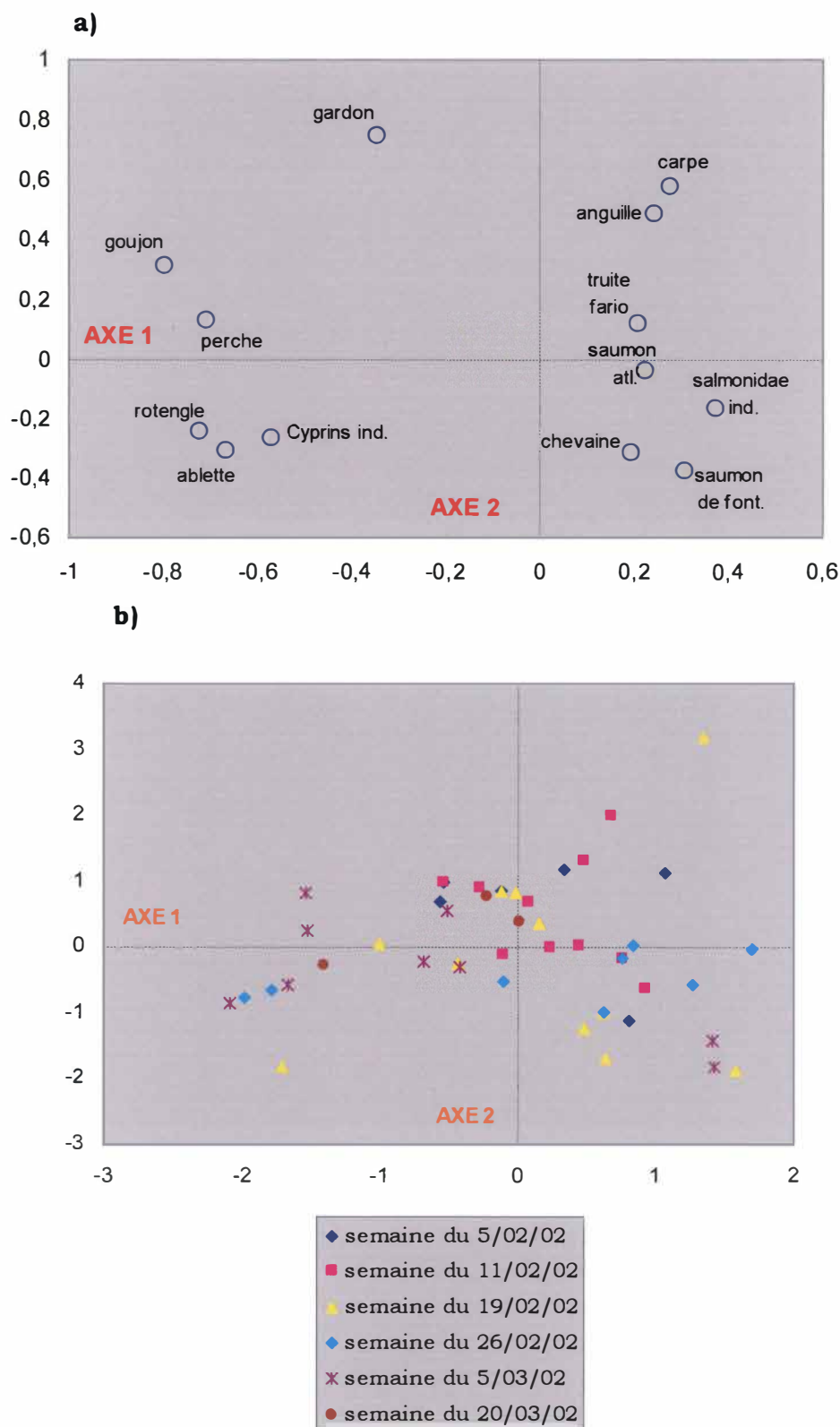


**Figure III.14 :** ACP réalisée sur l'ensemble des pelotes de Lesse (50 échantillons), chaque journée de prélèvement se distinguant par son propre symbole.

- a)** Répartition des descripteurs (espèces-proies) sur le plan formé des axes 1 et 2.  
**b)** Répartition des objets (pelotes) sur ce même plan.

L'examen de cette ACP nous montre qu'une fois encore nous ne pouvons isoler les pelotes, réparties ici sur le plan formé des axes 1 et 2 (37 % de la variance expliquée), sur base du moment de leur récolte.

Par ailleurs, une série d'ANOVA 1, utilisant la date d'échantillonnage comme critère de classification, a été réalisée afin de tester l'influence de cette variable sur le nombre d'espèces, mais aussi sur l'abondance relative des principales espèces ingérées (gardon, goujon, perche et rotengle). Seule l'abondance des perches semble significativement varier au cours de notre étude (annexe 9).

## 2.3. Structure de la taille des proies consommées

### 2.3.1. Au dortoir de Vas'ti-Frotte

#### 2.3.1.1. Taille des poissons dans l'alimentation des grands cormorans

L'étude du régime alimentaire d'un prédateur nécessite non seulement de connaître ses espèces-proies et les proportions dans lesquelles celles-ci sont consommées, mais également les classes de tailles préférentiellement capturées.

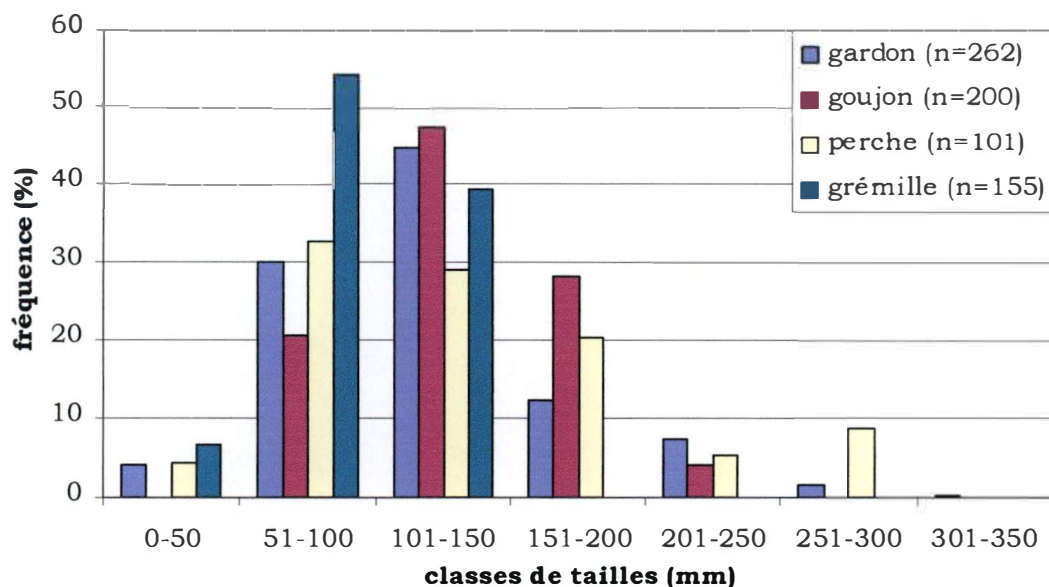


**Figure III.14 :** Classes de tailles des principales espèces de poissons consommées par le grand cormoran en Meuse (50 pelotes).

La figure III.14 nous montre, pour le gardon, que ce sont essentiellement des individus de petite taille qui sont ingérés par l'oiseau. Ainsi, la majorité des gardons capturés ( $\pm 80 \%$ ) ont une longueur comprise entre 51 et 200 mm.

Les poissons de taille supérieure et inférieure apparaissent, eux, de façon beaucoup moins marquée, ce qui peut facilement s'expliquer. Les individus d'une taille maximale de 50 mm, tout d'abord, possèdent en effet des otolithes de très petites tailles qui peuvent aisément passer au travers des mailles du tamis (595 microns). Les poissons de grande taille, quant à eux, peuvent avoir atteint une longueur excédant l'envergure du bec des cormorans, les rendant alors inconsommables (ils peuvent cependant être blessés).

On peut ensuite voir que ce sont les goujons d'une taille comprise entre 51 et 200 mm qui sont fortement ingérés ( $\pm 95 \%$ ). Les individus de longueur inférieure ou égale à 50 mm ne sont pas représentés dans le régime du cormoran, probablement suite, notamment, à la petitesse de leur otolithes.

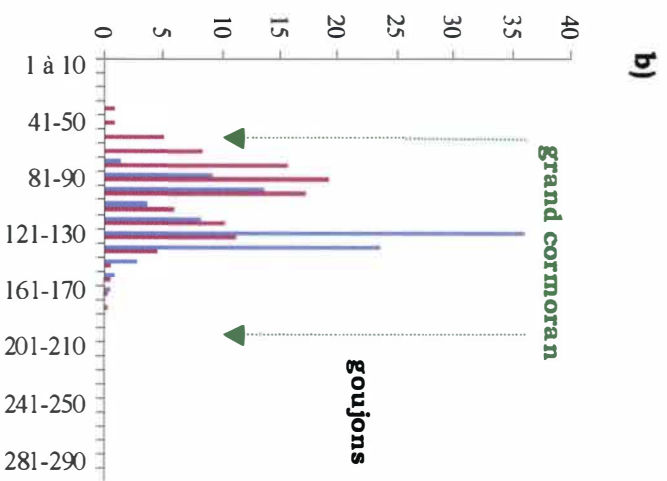
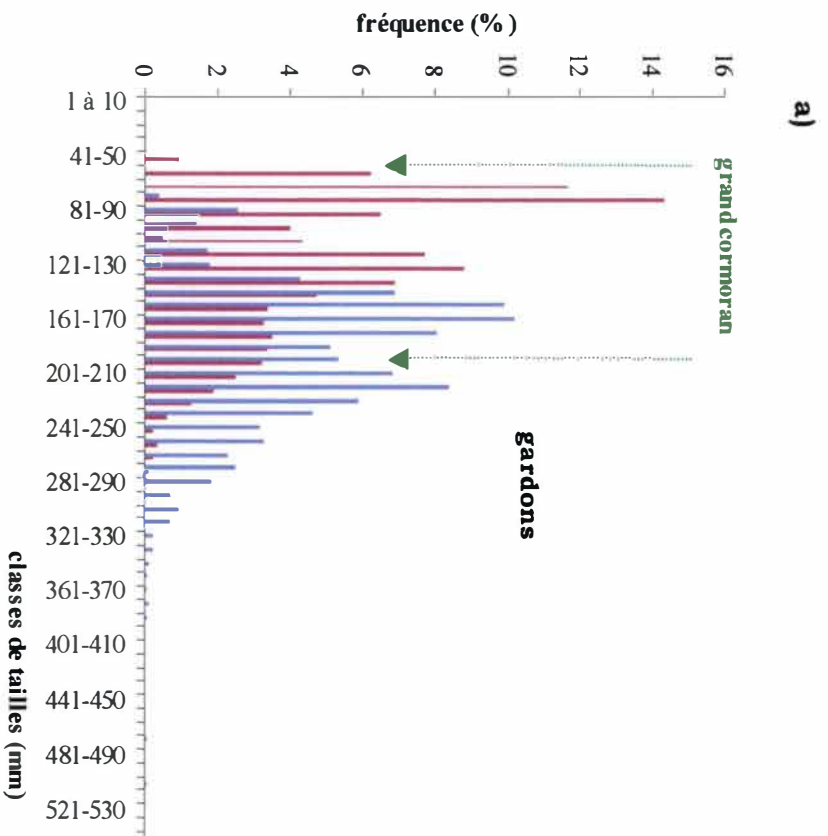
**N.B. :** La classe de taille '201-250 mm' ne comporte en fait que des goujons de 201 mm, ce qui correspond à leur longueur maximale.

Comme nous pouvons également le remarquer, la majeure partie des perches capturées par le grand cormoran hivernant sur l'île de Vas'ti-Frotte font entre 51 et 200 mm de longueur ( $\pm 80 \%$ ). Les poissons de taille supérieure peuvent atteindre 251 à 300 mm.

Les grémilles essentiellement consommées mesurent enfin entre 51 et 150 mm de longueur ( $\pm 95 \%$ ). Les individus de taille supérieure et inférieure sont peu ou pas représentés.

#### 2.3.1.2. Comparaison avec les classes de tailles dans la population

Afin de repérer une certaine sélection des classes de tailles de la part du grand cormoran, nous devons confronter nos résultats aux classes de tailles présentes dans les populations de Meuse.



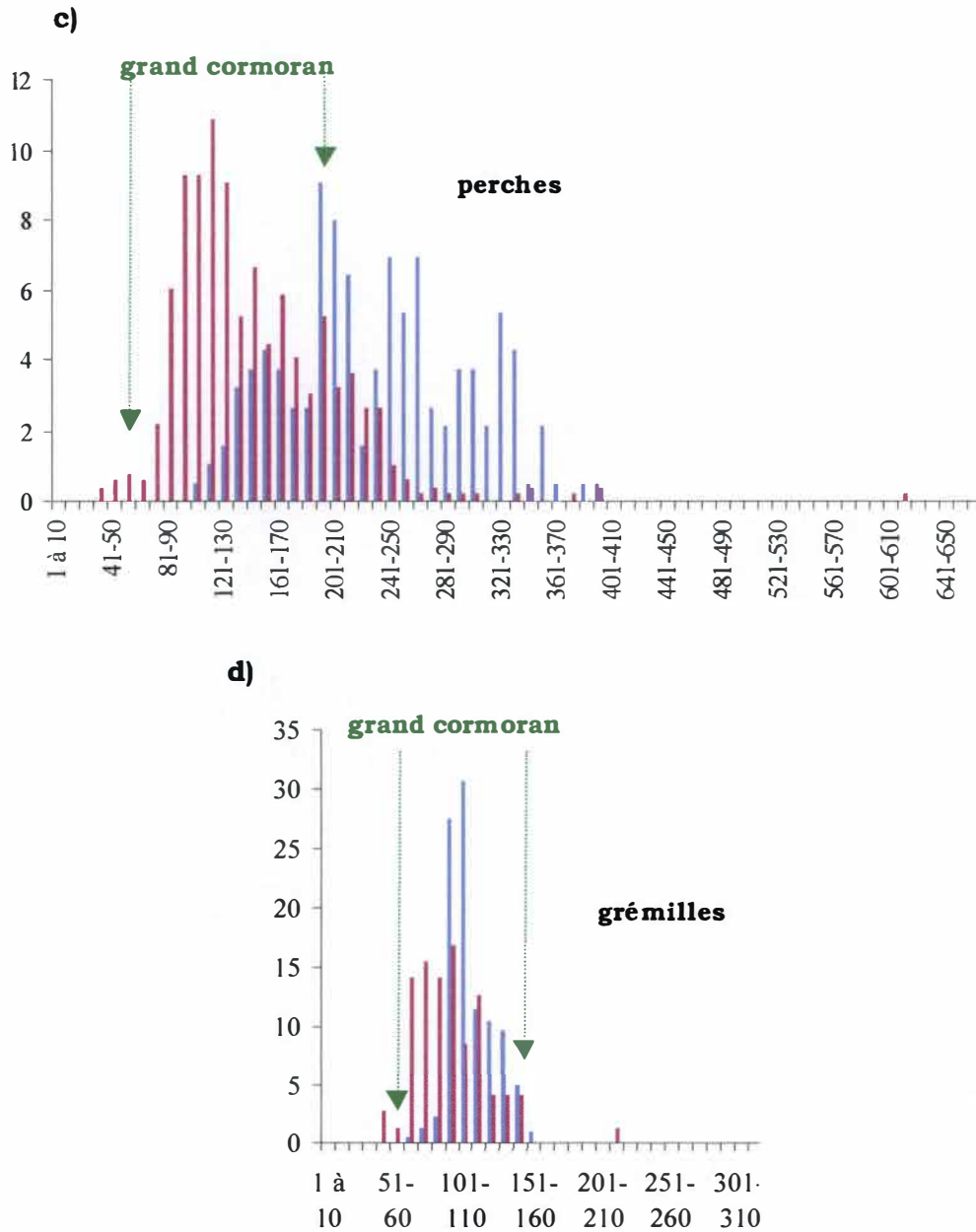


**Figure III.15 :** Classes de tailles des gardons, goujons, perches et grémilles présentes en Meuse (pêche électrique : bleu ; pêche au filet : rouge) (Goffaux et al., 2001).

Les figures III.15a à d présentent les classes de tailles des gardons (41 à 510 mm), goujons (31 à 180 mm), perches (31 à 620 mm) et grémilles (41 à 220 mm) telles qu'elles sont présentes en Meuse.

L'examen comparé des classes de tailles dans le régime du grand cormoran et dans les populations ichthyologiques nous montre que le cormoran reste opportuniste dans la consommation de ses proies. Ainsi, la fréquence des longueurs des poissons ingérés coïncide avec les proportions des tailles des poissons de Meuse.

Le gardon et la perche, cependant, dépassent en Meuse les 350 mm. On peut donc penser que cette longueur correspond en fait à la taille limite consommable par le cormoran.

### 2.3.2. Au dortoir de Villers-sur-Lesse

#### 2.3.2.1. Taille des poissons dans l'alimentation des grands cormorans

Les classes de tailles des gardons, goujons, perches et rotengles, principales espèces-proies des cormorans hivernant à Villers-sur-Lesse, sont exposées dans la figure III.16.

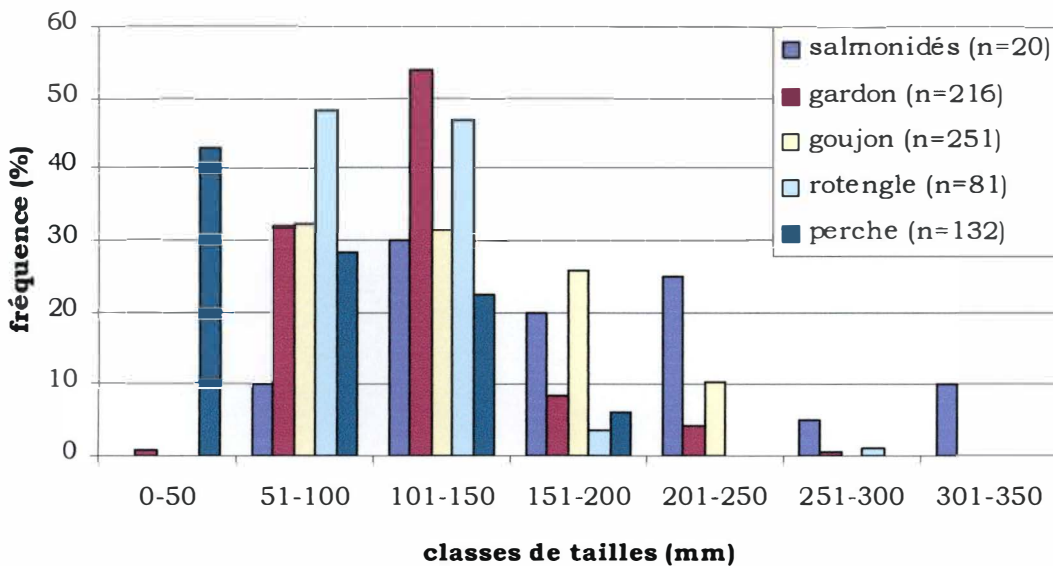


**Figure III.16 :** Classes de tailles des principales espèces consommées par le grand cormoran hivernant en Lesse (50 pelotes).

Pour le gardon et le rotengle, la majeure partie des individus (respectivement  $\pm 85\%$  et  $\pm 90\%$ ) ont une taille comprise entre 51 et 150 mm.

Les goujons capturés mesurent essentiellement ( $\pm 90\%$ ), quant à eux, de 51 à 200 mm.

Les perches, elles, sont principalement pêchées à une taille inférieure ou égale à 50 mm ( $\pm 45\%$ ), jusqu'à une longueur de 200 mm.

Quant aux salmonidés, environ 75 % d'entre eux ont été capturés à une taille comprise entre 101 et 250 mm, mais peuvent atteindre une taille de 301-350 mm (c'est le cas de la truite arc-en-ciel, espèce issue du rempoissonnement, et du saumon atlantique).

#### 2.3.2.2. Comparaison avec les classes de tailles dans la population

Il nous paraît inutile de présenter ici les classes de tailles dans les populations ichthyologiques peuplant la Lesse.

En effet, les principales espèces retrouvées dans le régime sont trop différentes par rapport aux espèces dominantes dans le cours d'eau (cf figures III.6 et III.9). De plus, les espèces présentes à la fois dans l'alimentation et le milieu n'ont été retrouvées dans les pelotes qu'en quantité non significative.

### **2.4. Evaluation de la ration alimentaire journalière**

#### 2.4.1. Au dortoir de Vas'ti-Frotte

##### **\* En nombre de proies**

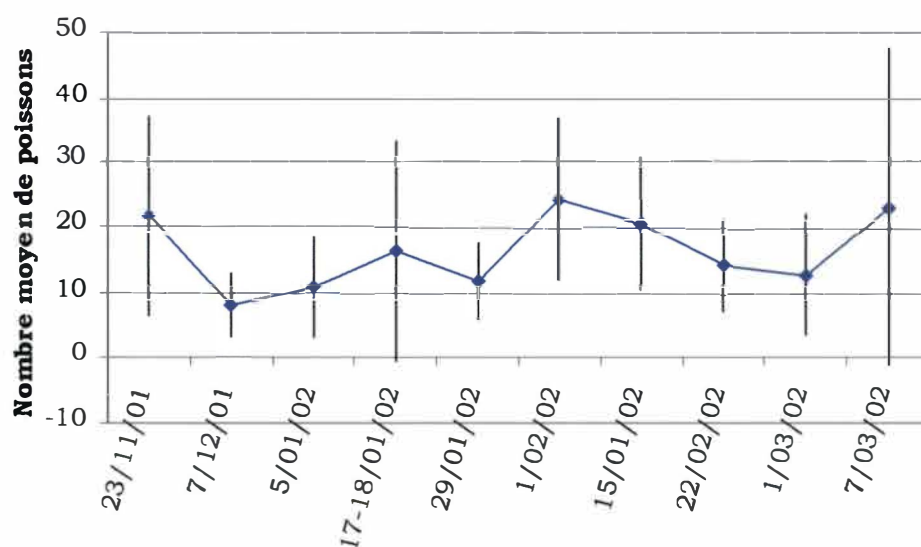


**Figure III.17:** Evolution du nombre moyen de proies retrouvées dans les pelotes de Vas'ti-Frotte lors des différentes journées de prélèvement (50 pelotes à raison de 5 pelotes par semaine).

La figure III.17 nous indique que le nombre moyen de proies par pelote varie entre 8 et 24 individus, soit une moyenne de 16,4 individus.

La forte variabilité interindividuelle, représentée par les écarts-type, est également facilement observable. C'est cette variabilité qui est sans doute à l'origine de notre incapacité à mettre en évidence une évolution temporelle des captures au cours de notre période d'échantillonnage.

**\* En poids des proies**

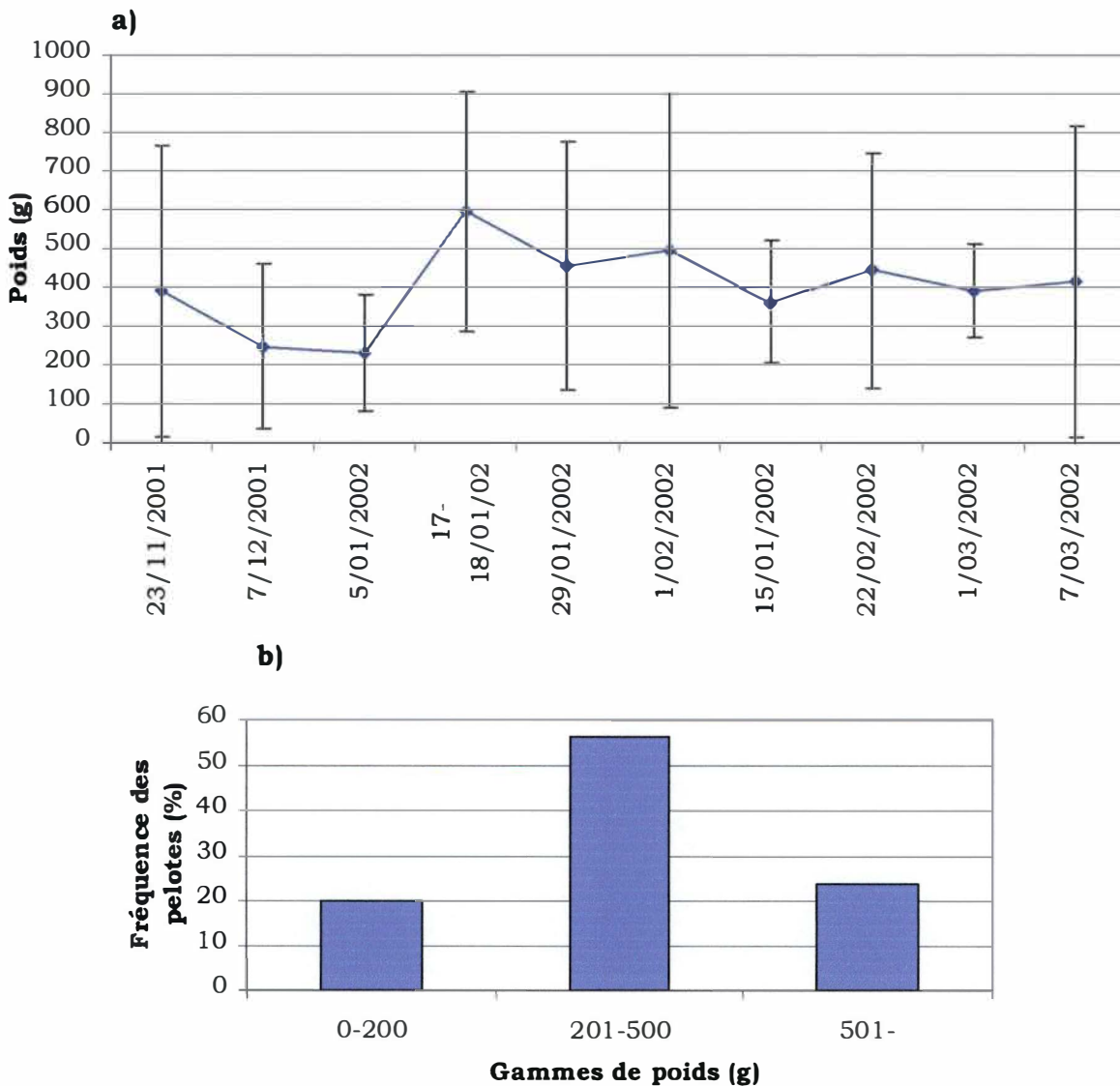


**Figure III.18: a)** Poids quotidien moyen (+ écarts-type) consommé par les grands cormorans hivernant à Vas'ti-Frotte (50 pelotes à raison de 5 pelotes par semaine).  
**b)** Fréquence des gammes de poids consommés par les cormorans hivernant de Vas'ti-Frotte (50 pelotes).

La figure III.18a nous renseigne sur le poids quotidien moyen contenu dans les pelotes issues de chaque journée d'échantillonnage.

Comme nous pouvons le voir, ce poids moyen oscille entre 225 g et 600 g, pour une moyenne de 401,7 g, et une importante variation interindividuelle, illustrée par de grands écarts-type, apparaît clairement. Ainsi, certaines pelotes atteignent à peine 10 g, tandis que d'autres excèdent largement le poids de la ration journalière maximale.

Cependant, la figure III.18b nous montre que la majorité des pelotes restent tout de même dans une gamme de poids normale.

**N.B. :** En tenant compte d'une moyenne de 16,4 poissons par pelote, un poids moyen de 401,7 g, nous confirme que les poissons ingérés sont généralement de petite taille.

#### 2.4.2. Au dortoir de Villers-sur-Lesse

##### \* En nombre de proies

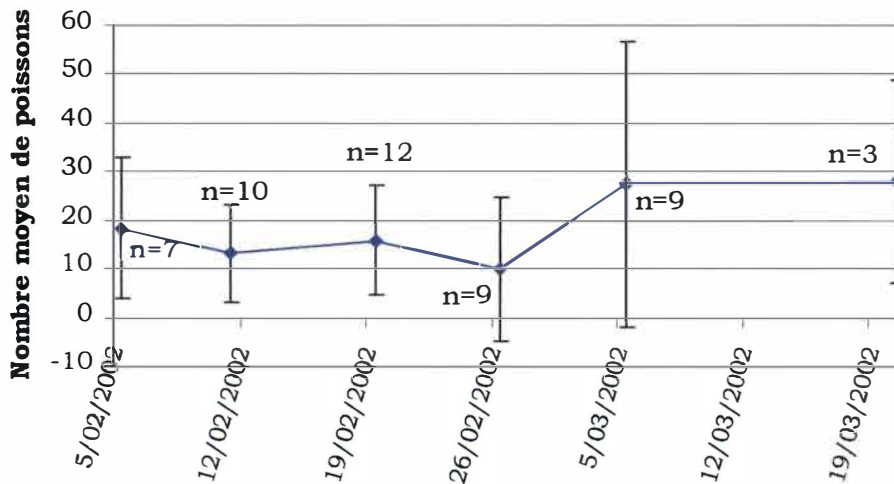


**Figure III.19 :** Evolution du nombre moyen (+écarts-types) de proies retrouvées dans les pelotes de Villers-sur-Lesse lors des différentes journées de prélèvement (50 pelotes).

Le nombre moyen de proies retrouvées dans les pelotes lors de chaque journée de prélèvement est illustré à la figure III.19.

Ce nombre moyen varie entre 10 et 28 proies, pour une moyenne élevée de 17,5 poissons par pelote.

La forte variabilité entre les pelotes est également facilement repérable via les écarts-types.

\* En poids des proies

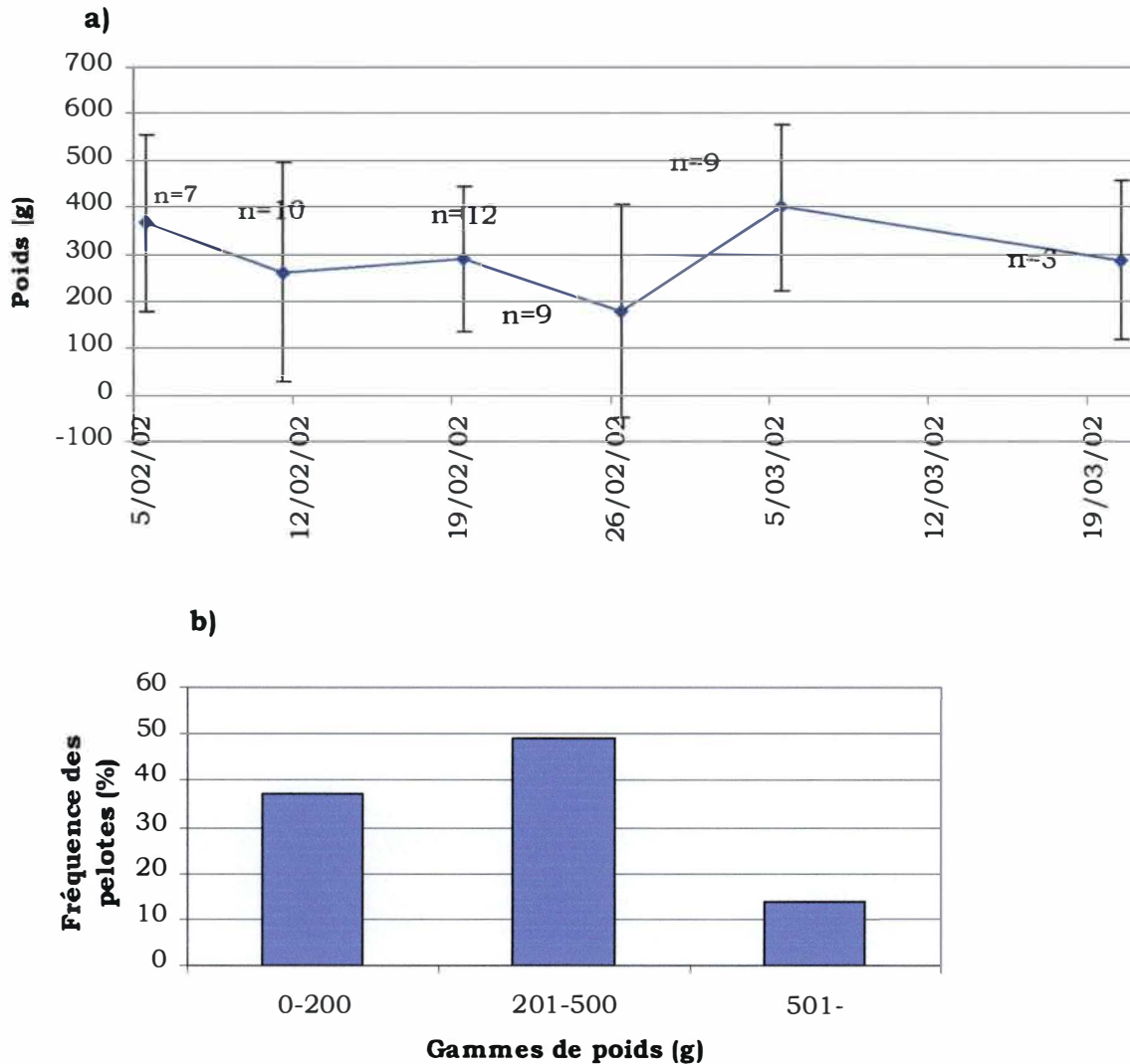


**Figure III.20 :** a) Poids quotidien moyen (+écarts-type) consommé par les cormorans de Villers-sur-Lesse (50 pelotes).  
b) Fréquence des gammes de poids consommés par les cormorans hivernant à Villers-sur-Lesse (50 pelotes).

La figure III.20a ci-dessus nous présente l'évolution du poids quotidien au cours des jours de récolte des pelotes.

D'une moyenne de 300,2 g, celui-ci fluctue entre 154 g et 235 g et nous pouvons, une fois encore, constater de grandes variations de prise alimentaire entre les différents oiseaux, bien que, si l'on en croit la figure III.20b, la majorité des pelotes appartiennent à une gamme de poids normale. Les pelotes extrêmes pèsent en effet 7,5 g et 680,5 g.

Des pelotes d'un poids moyen de quelques 300 g contenant une moyenne de 17,5 poissons nous confirment la générale petitesse des proies ingérées.

### 3. Estimation de l'influence du débit dans la prise alimentaire

Au cours de cette étude, nous nous sommes également demandé quel effet pouvait avoir le régime hydrique du cours d'eau d'accueil sur les captures des grands cormorans.

Nous avons donc été amenés, sur base des mesures de débit de la Meuse et de la Lesse prises par le Ministère de l'Équipement et des Transports, à déterminer des périodes de crues et de faible débit (cf figure II.8).

#### 3.1. Chez les hivernants de Vas'tî-Frotte

Pour le dortoir de Vas'tî-Frotte, les pelotes obtenues lors de forts débits ont été récoltées du 29 janvier au 7 mars 2002 (30 pelotes). Quant aux pelotes échantillonnées entre le 23 novembre 2001 et le 18 janvier 2002 (20 pelotes), celles-ci correspondent à des pêches dans des conditions normales de débit.

L'abondance moyenne de chaque espèce-proie par pelote lors des deux situations en Meuse (débit faible ou élevé) est reprise dans la figure III.21.

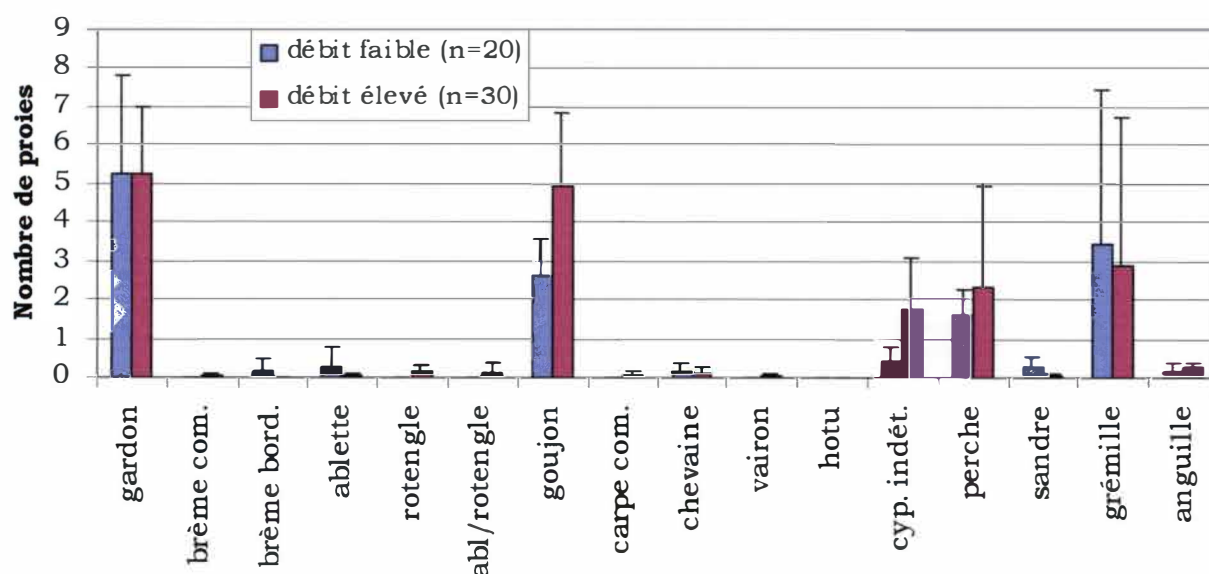


**Figure III.21** : Variation de la prise alimentaire (nombre de proies par pelote) du grand cormorant en Meuse selon le régime hydrique du cours d'eau (50 pelotes).

De prime abord, nous ne détectons pas de différence de captures selon le débit du cours d'eau.

Nous nous devons cependant de vérifier cette idée, au moyen d'une ACP et d'un test d'indépendance de  $\chi^2$ .

L'ACP illustrée à la [figure III.12](#) suffit pour nous montrer un chevauchement des pelotes, toute journée d'échantillonnage confondue.

Cependant, le test d'indépendance, présenté dans [l'annexe 9](#), nous informe qu'il y a 99,95 % de chance que la consommation globale des cormorans de Vas'tî-Frotte soit différente lors des débits forts et lors de débits faibles.

### 3.2. Chez les hivernants de Villers-sur-Lesse

Les pelotes prélevées du 11 février au 26 février 2002 (31 pelotes) sont associées à un régime de crue de la Lesse. Les autres (19 échantillons) ont été collectées en dehors des périodes de débit élevé.

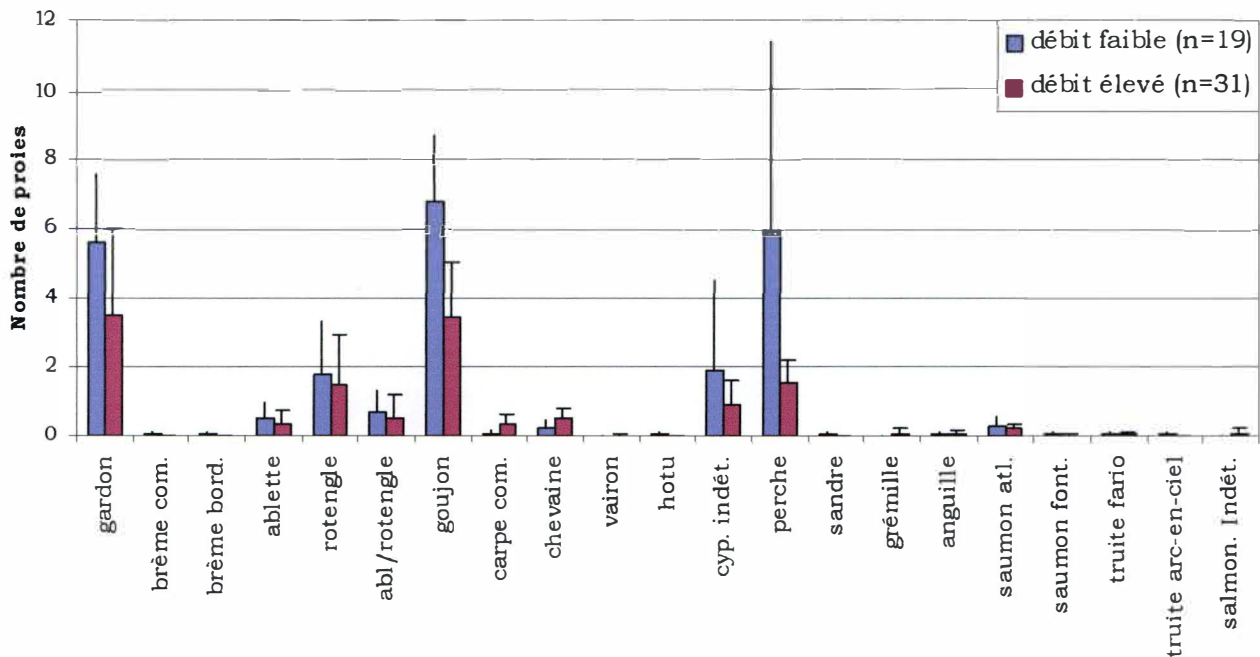


**Figure III.22 :** Variation de la prise alimentaire (nombre de proies par pelote) du grand cormorant en Lesse en fonction du régime hydrique du cours d'eau (51 pelotes).

Un premier aperçu de la [figure III.22](#) nous laisse penser que seules les captures de perches et de goujons pourraient être différentes entre les deux situations (débit faible ou élevé).

L'examen de l'ACP présentée à la figure III.14 ne nous montre aucune distinction entre ces pelotes. Le test d'indépendance de  $\chi^2$ , également repris dans l'annexe 9, nous montre, par contre, qu'il y a 99,9 % de chances que le régime hydrique de la Lesse influence la prise alimentaire générale du grand cormoran de Villers-sur-Lesse.

#### 4. Influence du grand cormoran sur les peuplements ichtyologiques de Meuse et de Lesse

Nous nous devons à présent d'estimer la prédation absolue exercée par le grand cormoran sur les communautés ichtyologiques des deux cours d'eau ciblés, la Meuse et la Lesse.

Pour cela, nous devons connaître le nombre de jours de présence de l'oiseau et le nombre moyen d'individus recensés pendant cette période. Nous avons également besoin de sa ration alimentaire journalière.

Si nous souhaitons partager cette prédation entre les différentes espèces de proies, nous devons, de plus, disposer du pourcentage de chaque espèce dans le régime.

##### 4.1. En Meuse

Les études statistiques ayant montré une stabilité temporelle de l'alimentation du cormoran, nous pouvons dès lors évaluer sa prédation absolue non pas simplement sur la période d'échantillonnage, mais sur toute la période de comptage des effectifs de l'oiseau au cours de cette année, soit sur **288** jours (du 9 octobre 2001 au 23 juillet 2002).

Le nombre moyen de cormorans pour cette période a été estimé à **265,5** individus.

Nous avons ensuite calculé une ration alimentaire journalière de **401,7** g.

Par conséquent, nous pouvons évaluer, pour ce laps de temps, une prédation absolue totale de:

$$288 * 265,5 * 401,7 * 10^{-6} * 100 \% = \mathbf{30,7 \text{ tonnes}}$$

Vis-à-vis de chaque espèce-proie, nous avons:

| espèce             | %    | prédation (kg) |
|--------------------|------|----------------|
| Gardon             | 32,0 | 9801,2         |
| Brème commune      | 0,1  | 37,4           |
| Brème bordelière   | 0,4  | 112,2          |
| Ablette commune    | 0,7  | 224,5          |
| Rotengle           | 0,5  | 149,6          |
| Ablette / Rotengle | 0,4  | 112,2          |
| Goujon             | 24,4 | 7481,8         |
| Carpe commune      | 0,2  | 74,8           |
| Chevaine           | 0,7  | 224,5          |
| Vairon             | 0,1  | 37,4           |
| Hotu               | 0,0  | 0,0            |
| Cyprinidés indét.  | 7,3  | 2244,6         |
| Perche commune     | 12,3 | 3778,3         |
| Sandre             | 0,7  | 224,5          |
| Grémille           | 18,9 | 5798,4         |
| Anguille           | 1,2  | 374,1          |

#### **4.2. Sur la Lesse**

Dans le cas de la Lesse, le calcul de la prédation absolue ne peut être effectué. Nous ne disposons en effet pas de données de comptages pour cette région et une estimation à l'"à peu près" pourrait très facilement nous donner des résultats complètement erronés.

Nous ne pouvons ici que conseiller de réaliser à l'avenir ces recensements.

Cependant, un test statistique de comparaison de moyennes (t-student) appliqué aux poids quotidiens moyens de Vas'tî-Frotte (401,7 g) et de Villers-sur-Lesse (300,2 g) montre que ceux-ci sont significativement différents (annexe 9).

Nous pouvons donc penser que le calcul de la prédation absolue des cormorans hivernant sur la Lesse aurait donné des résultats bien distincts.

# *DISCUSSION*

## IV. DISCUSSION

Au vu des résultats présentés au chapitre précédent, nous pouvons nous demander quelles peuvent en être les significations et dans quelle mesure ceux-ci s'apparentent-ils aux résultats escomptés par la littérature.

### 1. Régime alimentaire

Comme nous avons pu le constater, gardon, goujon et perche dominant dans le régime du grand cormoran, quel que soit le site d'hivernage. Vient ensuite la grémille, pour les oiseaux du dortoir de Vas'tî-Frotte, ou le rotengle, chez les hivernants de Villers-sur-Lesse.

Pour toutes ces espèces, les individus principalement consommés appartiennent à une gamme de tailles allant de 5 à 20 cm, ce qui est tout à fait conforme aux observations faites lors d'études similaires (Marion, 1997 ; Mous, 2000). En fait, nous pouvons penser que la probabilité de capture d'un individu de l'espèce *x* dépend du nombre de spécimens de 5 à 20 cm au sein de cette espèce. L'importance de cette classe de longueurs dans le régime s'explique par la restriction de tailles de proies imposée par l'envergure du bec de l'oiseau, d'une part, mais aussi par la rapidité moindre des espèces ichthyennes plus petites.

#### ❖ Au dortoir de Vas'tî-Frotte

L'abondance du gardon dans le régime alimentaire s'explique très facilement pour les cormorans de Vas'tî-Frotte.

Ceux-ci pêchent en effet en Meuse où ce poisson est sans doute l'espèce ichthyenne la plus fréquemment rencontrée. Or, toutes les études s'accordent à qualifier cet oiseau de prédateur opportuniste, se nourrissant donc principalement d'espèces caractérisées par de fortes densités et un turnover rapide (Zuna-Kratky & Mann, 1995 ; Marion, 1997 ; Suter, 1997 ; Leopold *et al.*, 1998 ; Paquet, 2000).

Par ailleurs, le gardon, comme la perche, également bien présente dans l'alimentation, sont des poissons pélagiques formant des bancs (Cowx, 1999), ce qui les classe, de par leur grande détectabilité, au premier rang des proies potentielles. L'importance de ces deux espèces dans l'alimentation des grands cormorans répond tout à fait aux résultats annoncés au terme d'études similaires (Marion, 1997 ; Suter, 1997).

Quant au goujon, benthique et également grégaire, bien que ses populations aient souffert d'une baisse d'effectif, celui-ci connaît actuellement un accroissement et se range auprès des espèces les plus rencontrées dans le cours d'eau (G. Evrard, Comm. Pers.).

L'abondance des grémilles, poissons benthiques et solitaires (Cowx, 1999), dans les captures requiert un autre type d'explication.

Comme nous avons pu l'apprendre au cours du premier chapitre de ce manuscrit, le grand cormoran pratique deux modes de pêche : la pêche grégaire et la pêche en solitaire (Van Dobben, 1995 ; Van Eerden & Voslamber, 1995). Alors que la pêche grégaire, beaucoup plus fréquente, conduit plutôt à la prospection de toute la colonne d'eau et donc à l'ingestion d'espèces grégaires plus diversifiées, à la fois benthiques mais surtout pélagiques, la pêche en solitaire, elle, concentre la recherche de proies sur le fond.

Ainsi s'est-il avéré que la consommation de grémilles suit deux tendances. Dans la majorité des pelotes, que nous avons tendance à associer à une pêche collective, ces poissons sont absents ou se démarquent peu des autres espèces. A contrario, un petit nombre de pelotes montrent une très forte dominance, voire même une exclusivité des grémilles. C'est pourquoi nous les attribuons à des cormorans ayant pêché seuls et ayant alors raclé le fond de la Meuse avant de remonter.

Le mode d'ingestion des grémilles pourrait donc refléter le mode de pêche pratiqué par l'oiseau.

La faible proportion de chevaines et de brèmes dans l'alimentation, par rapport à la quantité disponible en Meuse, s'explique simplement par la taille du bec de l'oiseau. Si les chevaines sont souvent de trop grande taille pour ce prédateur, et donc difficilement capturables, la forme trapue des brèmes les rend peu propices à l'ingestion.

Quant aux ablettes, pourtant grégaires et pélagiques, leur présence discrète dans le régime peut être sans doute due à la petitesse de leurs structures anatomiques, les rendant peu décelables dans les pelotes. Il est également probable que de nombreux cyprins indéterminés soient en fait des ablettes.

Les divergences de proportions des espèces ichtyennes observées entre le régime alimentaire du grand cormoran et le milieu nécessitent réflexion. Une série de biais viennent en effet entacher nos estimations.

La détermination du régime, tout d'abord, a été effectuée sur base, notamment, de la découverte d'otolithes dans les pelotes. Or, ces structures calcaires sont bien connues pour être sensibles aux sucs gastriques de l'oiseau et donc partiellement digérées. Les plus petites ou les plus fragiles seront ainsi soit totalement érodées, soit trop petites pour être retenues par les mailles du tamis (Johnstone *et al.*, 1990 ; Dirksen *et al.*, 1995 ; Zijlstra & Van Eerden, 1995 ; Leopold *et al.*, 1998). Certaines classes de tailles ou même certaines espèces ont, par conséquent, pu être négligées.

D'autre part, nous avons considéré que les cormorans produisaient une pelote quotidiennement. Or, la découverte de pelotes pratiquement vides ou, au contraire, de plus de 1000 g est tout à fait contradictoire par rapport à une consommation journalière estimée à  $340 \pm 95$  g, soit environ 16 % du poids corporel de l'oiseau (Marion, 1997). Ces rejeta au poids extrême prônent donc plutôt en faveur d'une régurgitation différée, après plus de 24 heures, des restes indigestibles des poissons. Dès lors, des pelotes de plus de 1000 g contiendraient en fait la majeure partie des restes du repas des deux derniers jours tandis que les pelotes d'une dizaine de grammes seraient des reliquats d'une précédente digestion. De même, il a été prouvé que les jeunes individus ne produisent pas de pelote tous les jours (Leopold *et al.*, 1998). Ces hypothèses confirment la théorie de Trauttmansdorff & Wassermann (1995), évaluant la production de pelotes à un taux de 0,87 pelotes par oiseau et par jour.

Par conséquent, ce genre d'erreurs peut fausser notre estimation de la nature et de l'abondance des espèces ichthyennes retrouvées dans l'alimentation du grand cormoran.

Par ailleurs, l'évaluation des peuplements ichthyologiques disponibles en Meuse namuroise comporte également son lot d'imprécisions.

Nous savons effectivement que deux méthodes de pêche sont utilisées dans ce type d'estimation : la pêche aux filets maillants horizontaux, passive, et la pêche à l'électricité, active. Alors que la première technique n'échantillonne qu'1,5 m de toute la hauteur de la colonne d'eau à partir du fond (si celui-ci est plat), la seconde ne prospecte qu'environ 50 cm de profondeur le long des berges. Les engins de pêche ne sont donc pas représentatifs de toute la colonne d'eau mais sont plutôt sélectifs.

C'est pourquoi les espèces inféodées au fond ainsi que les poissons fréquentant les eaux non échantillonnées peuvent être fortement négligés. Tel pourrait donc être le cas de la grémille et du goujon, pour les espèces benthiques, ainsi que de la perche, pour les espèces présentes dans toute la colonne d'eau. La grémille serait d'autant moins échantillonnée qu'il s'agit d'une espèce se déplaçant peu et donc, par conséquent, peu capturée par pêche passive.

En d'autres termes, les différences d'abondance des espèces-proies entre le régime et les données de pêche ne peuvent nous amener à conclure aveuglément à une sélectivité du grand cormoran pour certaines espèces ichthyennes particulières. Car, bien qu'il ne s'agisse pas des mêmes proportions, celles-ci sont sans doute mésestimées. D'autre part, régime et populations en place dans la Meuse namuroise coïncident au niveau de la nature des espèces. N'oublions pas non plus le caractère opportuniste de cet oiseau dans le choix de ses proies.

Bien sûr, nous ne négligeons pas que la découverte de pelotes exclusivement composées de restes de grémilles présuppose une sélectivité de l'oiseau, mais nous pensons qu'il s'agirait là d'une conséquence de la pêche en solitaire.

Nous privilégierions donc l'hypothèse d'une sélectivité de *P. c. sinensis* non pas vis-à-vis de l'espèce ichthyologique-même mais plutôt vis-à-vis de l'habitat et du mode de vie de ces poissons (Dirksen *et al.*, 1995 ; Suter, 1997).

## ❖ Au dortoir de Villers-sur-Lesse

Si la prédominance du gardon, du goujon et de la perche dans l'alimentation des cormorans de Vas'tî-Frotte paraît bien légitime, leur abondance dans les pelotes de Villers-sur-Lesse peut, à première vue, sembler étonnante. La forte présence du rotengle, espèce non seulement rare en Lesse mais également en Meuse, est particulièrement curieuse.

C'est sans compter sur un aspect comportemental du grand cormoran qui le pousse à prospecter les eaux calmes, comme les étangs, avant de s'attaquer aux espèces ichthyennes peuplant les eaux plus rapides. L'attrait qu'exercent les zones poissonneuses, comme les piscicultures, sur l'oiseau s'explique par sa recherche d'une facilité de pêche, liée aux caractéristiques physiques et biologiques du milieu (abondance de poissons, peu d'abris pour ceux-ci, courant et turbidité faibles, etc.). Outre leur proximité avec le dortoir, les étangs et piscicultures dans la zone de prospection de *P. c. sinensis* remplissent globalement bien ces conditions.

L'absence de barbeaux dans les pelotes de cormorans pêchant pourtant dans la zone à barbeaux de même que celle des chabots, abondants dans cette partie de la rivière, renforcent cette idée. La faible proportion de truites découvertes dans le régime de l'oiseau, truites également présentes en Lesse, s'explique en outre par la tendance de ces poissons à trouver refuge dans les herbiers que ne fréquentent pas les cormorans. Ceux-ci préfèrent en effet les eaux ouvertes et plus profondes, plus propices à la pêche à vue qu'ils pratiquent (Van Eerden & Voslamber, 1995 ; Voslamber *et al.*, 1995).

Nous ne pouvons également que nous réjouir de l'absence de l'ombre dans les pelotes, tant la menace que représente le grand cormoran pour cette espèce ichthyenne est importante. Car si le grand cormoran de Villers-sur-Lesse ne semble pas en avoir consommé, certaines rivières européennes n'ont pas eu cette chance (Suter, 1991 ; Pedroli & Zaug, 1995). Dans certains cas, la prédation de l'oiseau a même été responsable de la disparition de cette espèce.

Ainsi, les cormorans hivernant sur la Lesse vont-ils pêcher cyprins (gardons, goujons, rotengles et carpes) et autres espèces (perches, saumons, etc.) dans les étangs et les piscicultures proches du dortoir (Feltham *et al.*, 1999 ; Jacob *et al.*, 1999).

L'importance du gardon, du goujon et de la perche dans leur alimentation s'explique donc aisément (F. Henry, Comm. Pers.). Quant aux rotengles, il n'est pas inhabituel d'en retrouver de grandes densités dans les piscicultures environnantes (G. Evrard, Comm. Pers.).

Une fois encore, ces constatations nous poussent à préférer l'hypothèse d'une sélectivité du grand cormoran pour l'habitat et le mode de vie des proies par rapport à une sélectivité pour l'identité des proies.

L'appauvrissement de la Lesse, montré dans l'annexe 11, depuis 1993, date précédant l'arrivée des grands cormorans sur la rivière, ne pourrait pas, selon nos résultats, être attribué à la seule prédation de l'oiseau.

**N.B. :** A l'instar des pelotes de Vas'tî-Frotte, les rejecta de Villers-sur-Lesse sont également en désaccord avec l'idée d'une production journalière de pelotes.

Le grand cormoran semble donc vraisemblablement adopter un régime à forte tendance "cyprinivore", tant en Meuse qu'en Lesse. Des statistiques nous ont cependant montré que le site avait de fortes chances d'influencer la composition globale de l'alimentation de l'oiseau. Il est évident que les cormorans de Villers-sur-Lesse, même s'ils privilégient les étangs et piscicultures comme sites de pêche, chassent également en Lesse et y pêchent par conséquent des espèces caractéristiques de ce milieu et non de la Meuse. De plus, bien que la plupart des étangs et piscicultures se composent des mêmes espèces ichtyennes qu'en Meuse, l'abondance de ces espèces est généralement différente. Certains étangs renferment aussi des espèces telles que le saumon de fontaine.

Si la consommation des deux populations d'oiseaux est apparue dissemblable en terme de nature et d'abondance des différentes espèces, nous avons encore pu remarquer une divergence de poids moyen ingéré par individu et par jour. Selon nos calculs, les hivernants de Lesse consommeraient significativement moins que ceux de Meuse.

Nous pouvons nous demander si cette constatation dénote le caractère éventuellement plus favorable d'un dortoir sur la Meuse par rapport à un dortoir en bord de Lesse. Il est effectivement possible que le fleuve offre un plus grand volume de prospection aux cormorans. En outre, les rivières cyprinicoles sont connues pour être très poissonneuses, les espèces ichtyennes les peuplant ( gardons, perches, brèmes) étant très productives (Didier & Micha, 1996).

Il est également probable que le dortoir de Lesse accueille des individus plus jeunes et donc moins gros, nécessitant alors quotidiennement de moindres quantités de nourriture.

Cette hypothèse n'est nullement contradictoire avec la précédente. Elle pourrait, au contraire, la renforcer. Des relations de dominance entre les oiseaux pourraient pousser les individus plus jeunes, moins expérimentés et d'un statut social plus faible, à "coloniser" des sites moins favorables. L'évolution de la colonisation de nos cours d'eau, d'abord sur la Meuse puis sur ses affluents renforce encore cette supposition. Mais encore faudrait-il prouver que le dortoir de Vas'tî-Frotte ait atteint sa capacité maximale d'accueil. Or, l'installation récente d'une petite colonie irait plutôt à l'encontre de cette conjecture.

La Meuse pourrait ensuite offrir un autre avantage aux grands cormorans par rapport à la Lesse. En effet, la construction de barrages et d'écluses sur son parcours pourrait réduire l'influence des crues sur la facilité de capture. Bien que le test de  $\chi^2$  présente de fortes probabilités d'une influence du débit sur les prises alimentaires globales des grands

cormorans, il est possible que le régime hydrique du cours d'eau ait peu d'influence sur l'alimentation des individus pris séparément. En fait, de grands rassemblements de cormorans en amont des barrages et dans le bief des écluses, zones plus calmes utilisées comme refuge par les poissons lors de crues (Micha, Comm. Pers.), renforcent l'idée d'exploitation par les oiseaux de zones "tampons" offertes par le fleuve. L'absence de ce genre de constructions sur la Lesse rend plus difficile la capture de proies en période de crue. Cependant, la forte fréquentation d'étangs et piscicultures, peu soumis au phénomène de crue, compense ce handicap.

## 2. Evolution du régime alimentaire

Si notre étude, recouvrant une période maximale de 5 mois, n'a pu montrer de variation temporelle des prises alimentaires du grand cormoran (hormis pour la perche à Villers-sur-Lesse), de nombreuses études ont pourtant montré des changements saisonniers de régime. Ceux-ci étaient notamment marqués par une variation de la taille des captures en fonction de la croissance des poissons dans le domaine de pêche (Martucci & Consiglio, 1991 ; Dirksen *et al.*, 1995 ; Lekuona & Campos, 1997).

Il serait donc très intéressant d'étudier la variation temporelle des captures tout au long d'une année et ce, particulièrement suite à l'installation récente d'une petite colonie sur l'île de Vas'tî-Frotte. Nous pourrions de cette façon observer l'évolution du régime chez des résidents permanents et déterminer leur impact sur les communautés ichthyologiques, dès le début de leur implantation.

Cependant, il faudrait au préalable régler le problème de la variabilité interindividuelle. Celle-ci est sans doute une des causes de notre impossibilité à mettre en évidence des changements temporels dans l'alimentation au cours de notre période d'étude. Pour cela, il nous faut adapter le nombre de prélèvements à effectuer au cours d'une journée d'échantillonnage.

Nous pouvons donc nous demander quel devrait être le nombre de pelotes à collecter chaque semaine pour éliminer la variation inter-pelote. Celui-ci se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$N = \left( \frac{s}{E \cdot \bar{x}} \right)^2$$

où  $s$  = écart-type de l'échantillon

$\bar{x}$  = moyenne de l'échantillon

$$E = \frac{s}{\sqrt{N}} = \text{erreur standard}$$

Selon cette formule, nous devrions récolter chaque semaine quelques 228 prélèvements à Vas'tî-Frotte, en acceptant une erreur standard élevée (25 %), afin de disposer d'un échantillon qui pourrait nous montrer les variations temporelles potentielles du régime du grand cormoran. Pour Villers-sur-Lesse, il nous faudrait prélever 625 pelotes par semaine, ce qui paraît impossible, compte tenu du fait que seule une centaine de grands cormorans hivernent sur ce site.

Toutefois, un échantillonnage moins important et aussi plus réalisable pourrait probablement déjà nous renseigner sur ces changements.

*CONCLUSIONS ET  
PERSPECTIVES*

## V. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans un contexte de crainte d'un appauvrissement des ressources ichtyologiques de nos cours d'eau, la recrudescence des populations de grands cormorans hivernant dans nos régions inquiète particulièrement le monde des pêcheurs et pisciculteurs. L'observation de formations spectaculaires de cormorans, rabattant de grandes quantités de poissons, parfois de grande taille, accentue encore l'appréhension des professionnels et amateurs de la pêche vis-à-vis de l'oiseau.

Par ailleurs, les étangs de piscicultures de surface importante, comme les cyprinicultures, sont soumis à une forte pression de prédation de la part du cormoran et peuvent être parfois totalement vidés de leurs poissons.

Tout au long de ce travail, nous nous sommes donc attachés à déterminer la composition de l'alimentation, en terme d'abondance relative et de biomasse des différentes espèces consommées, de deux populations hivernantes de grands cormorans : l'une sur la Meuse, zone cyprinicole, l'autre implantée sur la Lesse, dans la zone à barbeaux. Nous avons tenté de découvrir l'influence du site et du régime hydrique sur les captures de l'oiseau. De même, une comparaison des captures avec la nature et la proportion des espèces disponibles dans le milieu, nous a permis d'évaluer le niveau de sélectivité de cet oiseau piscivore.

Nous sommes ainsi parvenus à démontrer que le régime alimentaire du grand cormoran est essentiellement "cyprinivore", quel que soit son site d'hivernage dans la vallée de la Meuse, même si certaines différences de capture se marquent d'un dortoir à l'autre.

Si l'approvisionnement des hivernants de Meuse s'effectue dans le fleuve-même, ce sont surtout les piscicultures et les étangs qui sont prospectés par la population de Lesse.

Aussi sommes-nous tentés, par souci de clarté, de résumer la situation à l'aide du tableau V.1.

| Espèces            | Régime moyen | Poissons en Meuse | Poissons en zone à barbeaux | Poissons en étangs et piscicultures |
|--------------------|--------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Ablette            | +            | +++               | ++++                        |                                     |
| Anguille           | +            | +                 | +                           |                                     |
| Barbeau            |              | +                 | +++                         |                                     |
| Brème commune      | +            | ++                |                             | ++                                  |
| Brème bordelière   | +            | ++                |                             | ++                                  |
| Brochet            |              | +                 |                             | +                                   |
| Carpe commune      | +            | +                 |                             | ++++                                |
| Chabot             |              |                   | ++++                        |                                     |
| Chevaine           | +            | ++                | +                           |                                     |
| Gardon             | ++++         | ++++              |                             | ++++                                |
| Goujon             | ++++         | +++               | ++                          | ++                                  |
| Grémille           | ++           | +                 |                             |                                     |
| Hotu               | +            | +                 | +                           |                                     |
| Lamproie           |              |                   | +                           |                                     |
| Loche              |              |                   | +                           |                                     |
| Ombre              |              |                   | ++                          |                                     |
| Perche             | +++          | +                 |                             | +++                                 |
| Rotengle           | ++           | +                 |                             | ++++                                |
| Saumon atlantique  | +            |                   |                             | +                                   |
| Saumon de fontaine | +            |                   |                             | +                                   |
| Sandre             | +            | +                 |                             |                                     |
| Truite fario       | +            |                   | +                           | +                                   |
| Truite arc-en-ciel | +            |                   |                             | +                                   |
| Vairon             | +            |                   | +                           |                                     |
| Vandoise           |              |                   | +                           |                                     |

|      |                       |
|------|-----------------------|
| ++++ | espèce très abondante |
| +++  | espèce abondante      |
| ++   | abondance moyenne     |
| +    | abondance faible      |

**Tableau V.1. :** Comparaison des espèces ichtyennes présentes dans le régime et des espèces disponibles dans les différents milieux fréquentés par le grand cormoran.

Comme nous pouvons facilement le voir, ce sont bien les peuplements de Meuse et d'étangs qui répondent le plus favorablement au régime alimentaire des grands cormorans, et non les communautés rhéophiles de cours d'eau de plus petit ordre.

Si la situation en Meuse ne nous paraît pas trop préoccupante, de par la grande productivité des espèces qu'elle renferme et qui semblent être les proies prédominantes de l'oiseau, les peuplements de Lesse, et l'ombre en particulier, ne semblent pas menacés. Par contre, nous ne pouvons ignorer la menace réelle que peuvent représenter les cormorans pour les cyprinicultures.

Nous ne pouvons ici que conseiller l'utilisation de moyens préventifs, comme l'emploi de filets, afin de protéger les élevages. Nous ne savons pas cependant si cela arrêtera le grand cormoran ou si, ce qui est plus probable, l'usage de ces moyens de protection ne fera que déplacer les prédateurs vers les rivières.

Force est de constater que la problématique du grand cormoran reste entière et que celui-ci fera encore couler beaucoup d'encre.

Les perspectives d'études ultérieures ne manquent pas.

Alors que la prédation relative exercée par *P. c. sinensis* pourrait être facilement calculée pour les étangs, en relation avec une production de poissons connue, nous devons nous contenter, pour les rivières, du taux de prédation absolue, les stocks des différentes espèces ichthyennes qu'elles renferment étant encore, à ce jour, inconnues.

Il faudrait donc envisager de connaître précisément les stocks annuels des diverses espèces de nos cours d'eau afin d'estimer le danger réel de la prédation du grand cormoran sur celles-ci.

De plus, afin de pouvoir déterminer la prédation exercée par les cormorans de Villers-sur-Lesse sur les peuplements de la rivière et des étangs, il nous faudrait effectuer des comptages réguliers des hivernants de ce dortoir.

Il serait également intéressant de confirmer ou, au contraire, d'infirmer l'hypothèse d'une production différée de pelotes de régurgitation, c'est-à-dire selon un cycle de plus de 24 heures.

Par ailleurs, la colonisation naissante du dortoir de Vas'tî-Frotte nous pousse à vouloir étudier le régime alimentaire de la population de cette île sur toute une année, ce qui nous permettrait, entre autres, d'évaluer les variations saisonnières des captures.

Enfin, il ne faut pas oublier qu'à l'origine, cette étude reposait sur trois méthodes complémentaires dans l'examen du régime alimentaire, à savoir les suivis in situ par radiopistage, la dissection des contenus stomacaux et l'analyse des pelotes de réjection. Cette dernière ayant malheureusement été la seule à aboutir, il nous paraît primordial d'entreprendre la mise en œuvre des deux autres techniques.

Il semble donc que tout reste à faire dans ce domaine et que, bien que ce travail puisse se révéler une base pour des études ultérieures, nous aurons, sans aucun doute, encore beaucoup de choses à découvrir sur ce sujet.

# *BIBLIOGRAPHIE*

## BIBLIOGRAPHIE

- Agences de l'eau, 2000. Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau : SEQ-Eau, principes généraux. *Etudes des Agences de l'eau* 64 : 21 p.
- Baccetti N., Boldregini P. & Santolini R., 1993. Le grand cormoran en Italie : effectif, régime alimentaire et conflits avec la pisciculture. *Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse* 178 : 22-25.
- Bregnballe T., 2002. Acte du colloque européen sur le grand cormoran, Strasbourg, in prep.
- Builles A., Jullien J-M., Yésou P. & Girard O., 1986. Rythme d'activité et occupation de l'espace par le Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo*) sur un site d'hivernage : l'exemple de la région d'Olonne, Vendée. *Gibier Faune Sauvage* 3 : 43-65.
- Campbell, 1995 . Biologie. 2<sup>ème</sup> édition, Ed. De Boeck Univ., 1 190 p.
- Carpenter S.R., Kitchell J.S. & Hodgson J.R., 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity. *Bioscience* 35 : 634-639.
- Carss D.N. & Marquiss M., 1995. Fish-eating birds : perceptions and realities. British trout Farming Conference, Sparsholt, September 1995, 17 p.
- Casteel R.W., 1976. Fish remains in archaeology and paleo-environmental studies. London Academic Press, 180 p.
- C.I.P.M., 2001. Résultats du réseau de mesures homogènes (1999), CIPM, Liège, 119 p.
- Cowx I.G., 1997 . Introduction d'espèces de poissons dans les eaux douces européennes: succès économiques ou désastres écologiques? *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 344/345 : 57-77.
- Cowx I.G., 1999. Factors influencing coarse fish populations in lowland rivers, literature review. Environment Agency R&D Report, Bristol, 185 p.
- Crowder L.B., Squires D.D. & Rice, J.A., 1997. Nonadditive effects of terrestrial and aquatic predators on juvenile estuarine fish . *Ecology* 78 (6) : 1796-1804.
- Dagnelie P., 1975. Théorie et méthodes statistiques. Application agronomiques. Volume II: Les méthodes de l'inférence statistique. Les presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 463 p.
- Dajoz R., 2000. Précis d'écologie. 7<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris, 615 p.
- Davies J.M. & Feltham M.J., 1996. The diet of wintering cormorants *Phalacrocorax carbo* in relation to angling catches on a coarse river fishery in North-West England. *Aquatic Predators and their Prey*, éd S.P.R. Greenstreet and M.L., Fishing News Books, Oxford, 106-110.

- De Nie H., 1995. Changes in the inland fish populations in Europe in relation to the increase of the Cormorant, *Phalacrocorax carbo sinensis*. *Ardea* 83: 115-122.
- Didier J. & Micha J-C., 1996. Dynamique de population du gardon en Meuse et stratégie de gestion. Presses universitaires de Namur, 103 p.
- Dirksen S., Boudewijn T.J., Noordhuis R. & Marteijs E.C.L., 1995. Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* in shallow eutrophic freshwater lakes: prey choice and fish consumption in the non-breeding period and effects of large-scale fish removal. *Ardea* 83 : 167-184.
- Draulans D., 1989. Vogels in Vlaanderen : voorkomen en verspreiding. Vlaams avifauna commissie, Bornem, 448 p.
- Duffy D.C. & Laurenson L.J.B., 1983. Pellets of Cape Cormorants as indicators of diet. *Condor* 85 : 305-307.
- Eckert R., Randall D., Burggren W. & French K., 1999. Physiologie animale : Mécanismes et adaptations. Ed. De Boeck Univ., Bruxelles, 822 p.
- Eckmann R. & Imbrocks F., 1996. Distribution and diel vertical migration of Eurasian Perch (*Perca fluviatilis*) during winter. *Annales Zoologici Fennici*, 33 (3-4), p679-686.
- Engström H., 2001. Effects of great cormorant predation on fish populations and fishery. Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive summaries of Uppsala dissertations from the faculty of science and technology. Uppsala university library, Uppsala, 39 p.
- European Alliance of Anglers, 1998. Situation of the cormorant in Europe. Amersfoort, The Netherlands, 48 p.
- Fauville C., Campeau S., Licursi M. & Gosselin V., 2001. Développement et normalisation d'un « indice biologique diatomées » en Wallonie. Rapport final. FUNDP, Namur, 94 p.
- Feltham M.J., Davies J.M., Wilson B.R., Holden T., Cowx I.G., Harvey J.P. & Britton J.R., 1999. Case studies of the impact of fish-eating birds on inland fisheries in England and Wales. Report to the Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 359 p.
- Frederiksen M., 2002. Acte du colloque européen sur le grand cormoran, Strasbourg, in prep.
- Frederiksen M. & Bregnballe T., 2002. Acte du colloque européen sur le grand cormoran, Strasbourg, in prep.
- F.S.P.F.B., 1999. Document critique en rapport avec la note de synthèse préparée par le groupe de travail conjoint au Conseil Supérieur Wallon de la Conservation de la Nature (CSWCN) et au Conseil Supérieur Wallon de la Pêche (CSWP), 2 p.

- Géroudet P., 1988. Les palmipèdes. Edition Delachaut et Niestlé, Neuchatel, 284 p.
- Goffaux D., Roset N., Breine J.J., Joep J.J., Oberdorff T. & Kestemont P., 2001. A biotic index of fish integrity (IBIP) to evaluate the ecological quality of lotic ecosystems – application to the Meuse river basin. Final report : Life97 / ENV / B / 000419, 171 p.
- Goldberg, 1998. Les sociétés animales. Edition Delachaut et Niestlé, Lausanne, 346 p.
- Goyon H., 1993. Pisciculture et cormoran en Brenne. *Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse* 178 : 12-15.
- Grémillet D., 1997. Catch per unit effort, foraging efficiency, and parental investment in breeding great cormorants (*Phalacrocorax carbo carbo*). *ICES Journal of Marine Science* 54 : 635-644.
- Grémillet D. & Wilson R.P., 1999. A life in the fast lane: energetics and foraging strategies of the great cormorant . *Behavioral Ecology* 10 : 516-524.
- Grieco F., 1999. Nest-Site Limitations and Colony Development in Tree-Nesting Great Cormorants. *Waterbirds* 22 (3) : 417-423.
- Hallet C., 1977. Contribution à l'étude du régime alimentaire du Martin-pêcheur (*Alcedo atthis*) dans la vallée de la Lesse. *Aves* 14 : 128-144.
- Hallet C., 1982. Etude du comportement de prédation du Martin-pêcheur *Alcedo atthis* (L.) : taille préférentielle de capture du chabot *Cottus gobio* L. et de la truite *Salmo trutta* L. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 36 : 211-222.
- Hallet-Libois C., 1985. Modulation de la stratégie alimentaire d'un prédateur : Eco-éthologie de la prédation chez le martin-pêcheur *Alcedo atthis* (L., 1758), en période de reproduction. *Cahier d'Ethologie Appliquée* 5 : 1-206.
- Härkönen T., 1986. Guide to otoliths of the bony fishes of the Northeast Atlantic. Ed. Danbiu ApS, Denmark, 256 p.
- Im B.H. & Hafner H., 1984. Impact des oiseaux piscivores et plus particulièrement du Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo sinensis*) sur les exploitations piscicoles en Camargue, France. Préparé pour la C.E.E. par la station biologique de la Tour du Valat, 84 p.
- Jacob J-P., Gérard P., Delvingt W. & Jadoul G., septembre 1999. Le Grand Cormoran en Wallonie. Note de synthèse préparée par le groupe de travail conjoint au Conseil Supérieur Wallon de la Conservation de la Nature (CSWCN) et au Conseil Supérieur Wallon de la Pêche (CSWP), 15 p.
- Jefferies R.L., 2000. Allochthonous inputs: integrating population changes and food-web dynamics. *Tree* 15 (1): 19-22.
- Jobling G.M. & Breiby A., 1986. The use and abuse of fish otoliths in studies of feeding habits of marine piscivores. *Sarsia* 71 : 265-274.

- Johnstone I.G., Harris M.P., Wanless S. & Graves J.A., 1990. The usefulness of pellets for assessing the diet of adult Shags *Phalacrocorax aristotelis*. *Bird Study* 37: 5-11.
- Keller T., 1995. Food of Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* wintering in Bavaria, southern Germany. *Ardea* 83 : 185-192.
- Kennedy G.J.A. & Greer J.E., 1988. Predation by cormorants *Phalacrocorax carbo* on the salmonid populations of an Irish River. *Aqua. Fish. Manage.* 19 : 159-170.
- Legendre P. & Legendre L., 1998. Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling 20. Second English Edition. Elsevier, Amsterdam, 853 p.
- Lekuona J.M. & Campos F., 1997. Estrategias de alimentación del Cormorán Grande (*Phalacrocorax carbo sinensis*) en el río Ebro (N España). *Misc. Zool.* 20 (1) : 1-8.
- Lekuona J.M. & Campos F., 1998. Distribución invernal de posaderos, dormideros y áreas de alimentación del Cormorán Grande (*Phalacrocorax carbo sinensis*) en ríos de Navarra (N España). *Misc. Zool.* 21 (1) : 61-74.
- Léopold M.F., Van Damme C.J.G. & Van Der Veer H.W., 1998. Diet of cormorants and the impact of cormorant predation on juvenile flatfish in the Dutch Wadden Sea. *Journal of Sea Research* 40: 93-107.
- Léopold M.F., Van Damme C.J.G., Philippart C.J.M. & Winter C.J.N., 2001. Otoliths of North Sea fish (CD-Rom), Biodiversity center of ETI.
- Lévêque C., 1997. Introduction de nouvelles espèces de poissons dans les eaux douces tropicales : objectifs et conséquences. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 344-345 : 79-91.
- Lévêque C. & Paugy D., 1999. Les poissons des eaux continentales africaines: diversité, écologie, utilisation par l'Homme. Editions de l'IRD, 521 p.
- Libois R.M., 1984. Essai synécologique sur les micromammifères d'Europe atlantique et ouest-méditerranéenne. Etude par analyse du régime alimentaire de la chouette effraie, *Tyto alba* (SCOPOLI). Thèse Doc. Univ. Lg., 200 p.
- Libois R.M., 2001. Aperçu du régime alimentaire du Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo*) dans les eaux intérieures du Pas-de-Calais (France). *Aves* 38 (2) : 49-59.
- Libois R.M., Hallet-Libois C. & Rosoux R., 1987. Fiches d'ostéologie animale pour l'archéologie. Série A : Poissons. Eléments pour l'identification des restes crâniens des poissons dulçaquicoles de Belgique et du nord de la France. Anguilliformes, Gastérostéiformes, Cyprinodontiformes et Perciformes. Edité par le Centre de Recherches Archéologiques du CNRS, Juan-les-Pins, 15 p.

- Libois R.M. & Hallet-Libois C., 1988. Fiches d'ostéologie animale pour l'archéologie. Série A : Poissons. Eléments pour l'identification des restes crâniens des poissons dulçaquicoles de Belgique et du nord de la France. Cypriniformes. Edité par le Centre de Recherche Archéologique du CNRS, Juan-les-Pins, 24 p.
- Lotuche E. & Schaeken P., 1991. Evolution récente du statut du Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo*) en Meuse liégeoise. *Aves* 28 (4) : 223-225.
- Marion L., 1995. Where two subspecies meet: origin, habitat choice and niche segregation of cormorant *Phalacrocorax c. carbo* and *P. c. sinensis* in the common wintering area (France), in relation to breeding isolation in Europe. *Ardea* 83 : 103-114.
- Marion L., 1997. « Le Grand Cormoran en Europe : dynamique des populations et impacts. » in : Oiseaux à risques en ville et en campagne. P.Dergeau éd. Inra éditions, Paris : 133-178.
- Marion L., 2002. Acte du colloque européen sur le Grand Cormoran. Strasbourg, in prep.
- Marteijn E. & Noordhuis R., 1991. Het voedsel van Aalscholvers in het Maasplassen- gebied in Midden- en Zuidlimburg. *Limburgse vogels* 2 (3) : 69-69.
- Martel G., 1996. Growth-rate and influence of predation territoriality in juvenile Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53 (3) : 660-669.
- Martucci O. & Consiglio C., 1991. Activity rythm and food choice of cormorants (*Phalacrocorax carbo sinensis*) wintering near Rome, Italy. *Le Gerfaut* 81 : 151-160.
- Mathieu L., 1997. Etude comparée du régime alimentaire du Grand Cormoran, *Phalacrocorax carbo sinensis*, sur les lacs Léman, Annecy et Bourget. Diplôme du Cycle Postgrade en Sciences de l'Environnement, INRA, 66p.
- Mathieu L. & Gerdeaux D., 1998. Etude comparée du régime alimentaire du Grand Cormoran, *Phalacrocorax carbo sinensis*, sur les lacs Léman, d'Annecy et du Bourget. *Nos oiseaux* 45 : 163-171.
- Micha J.C. & Borlée M.C., 1989. Recent historical changes on the Belgian Meuse. In: Petts G.E. (ed.), Historical change of large alluvial rivers : Western Europe, John Wiley & sons Ltd, Londres, UK, 269-295.
- Micha J.C. & Pilette S., 1988. L'impact de l'homme sur l'écosystème Meuse, 3-4 novembre 1988, Namur, Presses Universitaires de Namur, 140 p.
- Moerbeek D.J., Van Dobben W.H., Osieck E.R., Boere G.C. & Bungenberg De Jong C.M., 1987. Cormorant damage prevention at a fish farm in The Netherlands. *Biol. Conserv.* 39 : 23-38.

- Morel P., 1992. Beuteartenspektrum der Kormorane vom Schlafplatz Kembs in den Winter 1986/87 bis 1988/89. In: Grundlagenberichte zum Thema Kormoran und Fische. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern : 146-157.
- Moss B., 1980. Ecology of Fresh Waters. Blackwell Scientific Publications, Londres, 332 p.
- Mous P.J., 2000. Interactions between fisheries and birds in IJsselmeer, The Netherlands. Thesis Wageningen Universiteit, 202 p.
- Neill W. E., 2001. "Fish production, food web and simple trophic models". In Reinventing Fisheries Management. Edited by Tony J. Pitcher, Paul J.B. Hart and Daniel Pauly. Published by Kluwer Academic Publishers, *Fish and Fisheries Series* 23, London, 435 p.
- Neuman J., Pearl D.L., Ewins P.J., Black R., Weseloh D.V., Pike M. & Karwowski K., 1997. Spatial and temporal variation in the diet of double-crested cormorants (*Phalacrocorax auritus*) breeding on the lower Great Lakes in the early 1990s. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54 : 1569-1584.
- Paquet J-Y., 2000. Faut-il avoir peur du Viking Noir ? Le Grand Cormoran en Wallonie. *Parcs et réserves* 55 (1) : 16-19.
- Paquet J-Y., Dermien F., Lacroix P., Pourignaux F., Lucas P. & G.T.O.M., 2000. Fidélité au site d'hivernage des Grands Cormorans (*Phalacrocorax carbo*) hivernants et migrateurs dans la vallée de la Meuse belge. *Aves* 37 (3-4) : 91-92.
- Paquet J-Y., 2001. La problématique « Cormoran » en Wallonie et en Europe : vieux démons, nouvelles solutions ? *Aves Contact* 6 : 2-5.
- Paquet J-Y., 2001a. Les stratégies hivernales du grand cormoran (*Phalacrocorax carbo sinensis*), première partie. *Athene noctua* 5 (4<sup>ème</sup> année) : 16-22.
- Pecl K., 1991. Poissons d'eau douce. éd. Gründ, Paris, 224 p.
- Pedroli J.C. & Zaugg C., 1995. Cormoran et poissons, rapport de synthèse. Cahier de l'Environnement n° 42, Office Fédéral Environnement Forêt et Paysage, Berne, 94 p.
- Pereira M. & Nastasi S., 1997. Le grand cormoran. Collège de Stael, Genève (Suisse) In : DeBruxelles N., 2000. Etude biologique et physico-chimique de la Lhomme et de la Lesse à Rochefort (Belgique). Travail de fin d'études. Fac. Univ. des Sc. Agro., Gembloux, 69 p.
- Persson L., 1988. Asymmetries in competitive and predatory interactions in fish populations. In: Size-structured Populations, ecology and Evolution. Eds. Ebenman B. & Persson L., Berlin, Springer-Verlag: 203-218.
- Persson L., Diehl S., Johansson L., Andersson G. & Hamrin S.F., 1992. Trophic interactions in temperate lake ecosystems: a test of food chain theory. *American Naturalist* 140 : 59-84.

- Radke R.J., Petzoldt T. & Wolter C., 2000. Suitability of pharyngeal bones measures commonly used for reconstitution of prey fish length. *Journal of Fish Biology* 57 : 961-967.
- Reebs S.G., Boudreau L., Hardie R. & Cunjak R.A., 1995. Diel activity patterns of lake Chubs and other fishes in a temperate stream. *Canadian Journal of Zoology* 73 (7) : 1221-1227.
- Reebs S.G., Boudreau L., Hardie R. & Cunjak R.A., 1997. Diel activity patterns of lake Chubs and other fishes in a temperate stream. *Canadian Journal of Zoology* 73 : 1221-1227.
- Reymond A. & Zuchuat O., 1995. Perch fidelity of Cormorants *Phalacrocorax carbo* outside the breeding season. *Ardea* 83 : 281-284.
- Richner H., 1995. Wintering Cormorants *Phalacrocorax carbo carbo* in the Ythan estuary, Scotland: numerical and behavioural responses to fluctuating prey availability. *Ardea* 83 : 193-197.
- Russel I.C., 2002. Acte du colloque européen sur le Grand Cormoran. Strasbourg, in prep.
- Schiemer F., 1995. Bottom-up vs. top-down control in tropical reservoir management. *Tropical limnology* 1 : 57-68.
- Sottiaux B., 1996. Les cormorans de plus en plus nombreux...*Le Pêcheur Belge* 3 : 29-32.
- Soyeurt R., 1999. *Phalacrocorax carbo*...quand le prédateur pullule...*Le Pêcheur Belge* 3 (110<sup>ème</sup> année) : 20-22.
- Suter W., 1991. Food and feeding of Cormorants *Phalacrocorax carbo* wintering in Switzerland. In proceeding workshop 1989 on cormorants *Phalacrocorax carbo*, M.R. van Eerden & M. Zijlstra (eds.). Lelystad, Rijkswaterstaat Directorate Flevoland : 156-165.
- Suter W., 1995. The effect of predation by wintering cormorants *Phalacrocorax carbo* on grayling *Thymallus thymallus* and trout (Salmonidae) populations: two case studies from Swiss rivers. *Journal of Applied Ecology* 32 : 29-46.
- Suter W., 1997. Roach rules : shoaling fish are a constant factor in the diet of Cormorants *Phalacrocorax carbo* in Switzerland. *Ardea* 85 : 9-27.
- Taylor R.J., 1984. Predation. Chapman and Hall, Londres, 166 p.
- The Cambridge Encyclopedia of Ornithology, 1991. Cambridge University Press.
- Thibault J-C & Patrimono O., 1989. Fidélité de Grands Cormorans *Phalacrocorax carbo* à un site d'hivernage ou à un axe migratoire. *L'oiseau et R.F.O.* 59 : 175-178.
- Trauttmansdorff J. & Wassermann G., 1995. Number of pellets produced by immature cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis*. *Ardea* 83 : 133-134.

- Trolliet B., 1999. Répartition et effectifs du Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo*) en Europe. *Gibier Faune Sauvage* 16 (3) : 177-223.
- Uiblein F., Jagsh A., Honsig-Erlenburg W. & Weiss S., 2001. Status, habitat use, and vulnerability of the european grayling in Austrian waters. *Journal of Fish Biology* 59 (A) : 223-247.
- Van Dobben W.H., 1952. The food of the Cormorant in the Netherlands. *Ardea* 40 : 1-63.
- Van Dobben W.H., 1995. The food of the Cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis*: old and new research compared. *Ardea* 83 : 139-142.
- Van Eerden M.R. & Gregersen J., 1995. Long-term changes in the northwest European population of Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis*. *Ardea* 83 : 61-79.
- Van Eerden M., Koffijberg K. & Platteeuws M., 1995. Riding on the crest of the wave : possibilities and limitations for a thriving population of migratory cormorants *Phalacrocorax carbo* in man-dominated wetlands. *Ardea* 83 : 1-9.
- Van Eerden M.R. & Voslamber B., 1995. Mass fishing by Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* at lake IJsselmeer, The Netherlands: a recent and successful adaptation to a turbid environment . *Ardea* 83 : 199-212.
- Van Eerden M.R., 2002. Acte du colloque européen sur le Grand Cormoran. Strasbourg, in prep.
- Vantard E., 1997. Parasitologie digestive du grand cormoran hivernant en Dombes. *Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse* 227 : 22-27.
- Veldkamp R., 1994. Voedselkeus van Aalschovers *Phalacrocorax carbo sinensis* in Noordwest-Overijssel, The Netherlands. Rapport pour le RIZA. Bureau Veldkamp, Steenwijk, 108 p.
- Veldkamp R., 1995. The use of chewing pads for estimating the consumption of cyprinids by cormorants *Phalacrocorax carbo*. *Ardea* 83 : 135-138.
- Verheyen R., 1951. Les oiseaux d'eau de Belgique (à l'exception des anatidés et des échassiers). Edité par le patrimoine de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Bruxelles, 182 p.
- Verheyen R., 1967. Oologica Belgica. Edité par le patrimoine de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Bruxelles, 331 p.
- Voslamber B. & Van Eerden M.R., 1991. The habit of mass flock fishing by Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* at the IJsselmeer, The Netherlands. In : M.R. Van Eerden & M. Zijlstra (eds) Proceedings workshop 1989 on Cormorants *Phalacrocorax carbo* : 182-191. Rijkswaterstaat directorate Flevoland. Lelystad.
- Voslamber B., Platteeuw M. & Van Eerden M.R., 1995. Solitary foraging in sand pits by breeding cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis*: does specialised knowledge about fishing sites and fish behaviour pay off? *Ardea* 83 : 213-222.

- Warke G.M.A. & Day K.R., 1995. Changes in abundance of cyprinid and percid prey affect rate of predation by cormorants *Phalacrocorax carbo carbo* on salmon *Salmo salar* smolt in Northern Ireland. *Ardea* 83 : 157-166.
- Wootton R.J., 1990. Ecology of Teleost Fishes. London : Chapman and Hall, 404 p.
- Zaret T.M., 1980. Predation and freshwater communities. New Haven and London Yale Univ. Press, Yale College, 187 p.
- Zijlstra M. & Van Eerden M.R., 1995. Pellet production and the use of otoliths in determining the diet of cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis*: trials with captive birds. *Ardea* 83 : 123-131.
- Zuna-Kratky T. & Mann H., 1995. The Great Cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis*: winter population, feeding ecology and effects on the fish fauna in the Danube floodplain, East of Vienna. *Cormorant Research Group Bulletin* 1 : 38-40.

# *ANNEXES*

**Annexe 1** : Indices SEQ-Eau pour la Meuse à Hastière et Andenne et  
pour la Lesse à Villers-sur-Lesse (de 1999 à 2000)

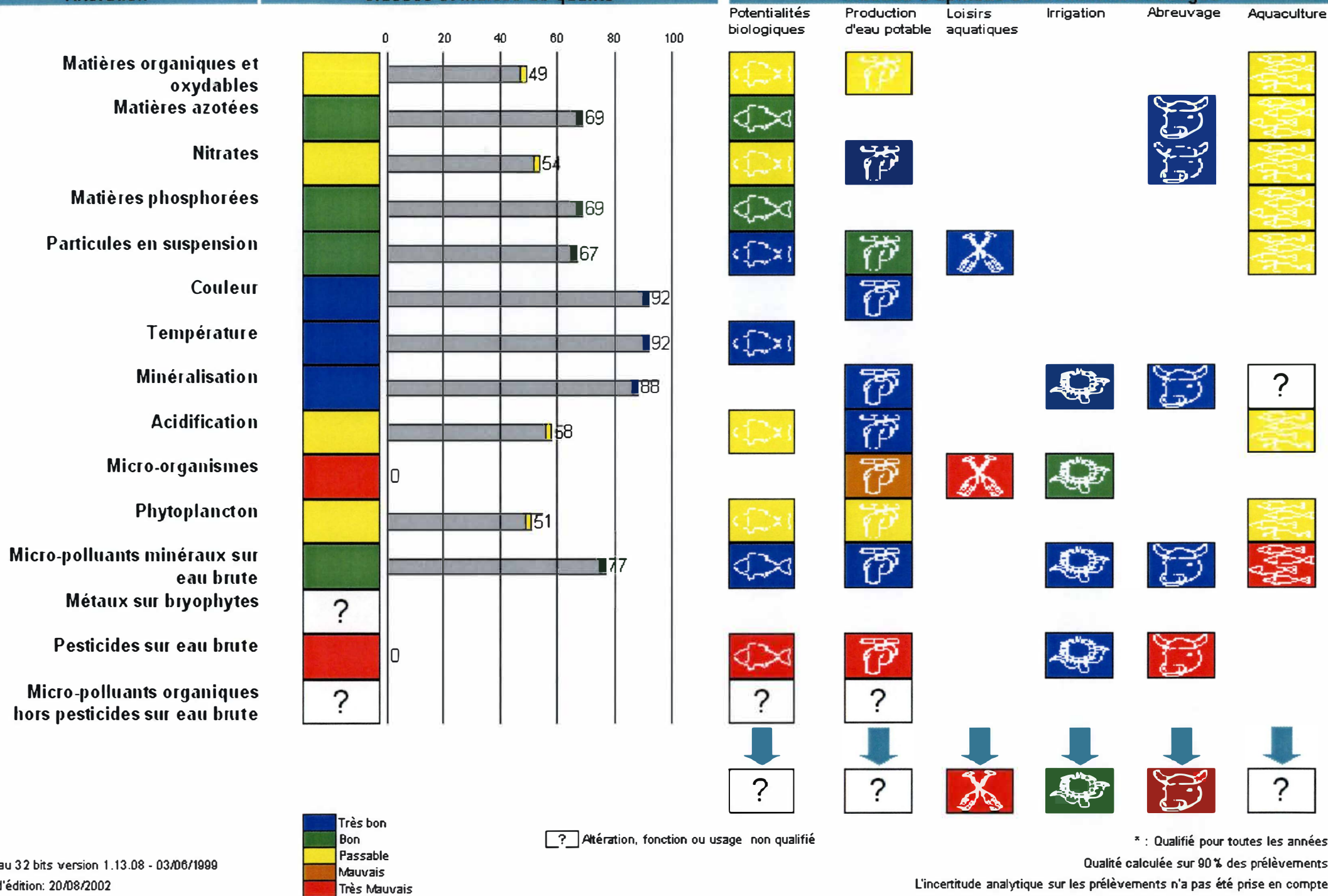


# Station 3190 - 40 opérations de prélèvement de 1999 à 2000

## Altération

## Classes et indices de qualité

## Classes d'aptitude aux fonctions et usages



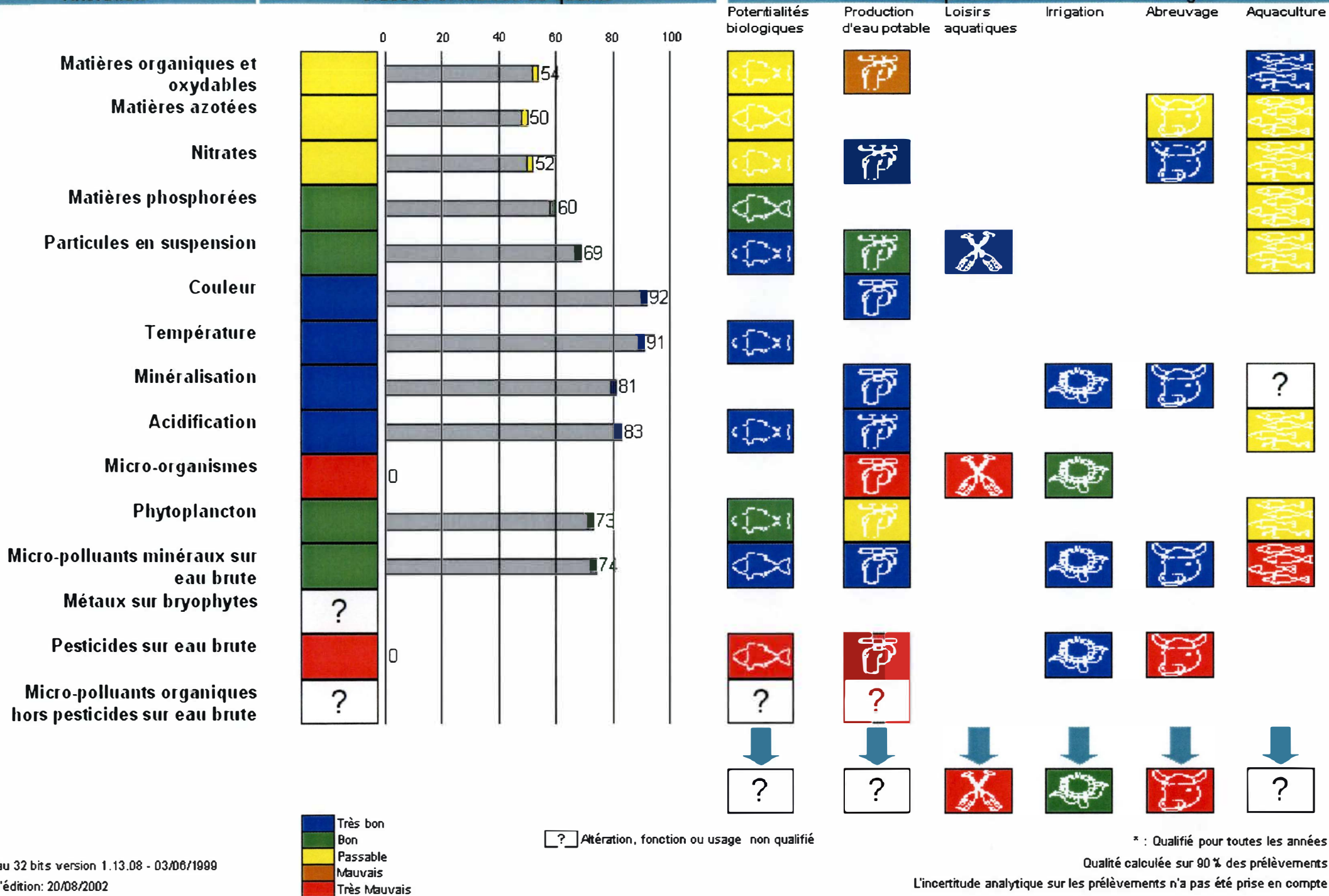


## Station 3260 - 24 opérations de prélèvement de 1999 à 2000

## Altération

## Classes et indices de qualité

## Classes d'aptitude aux fonctions et usages



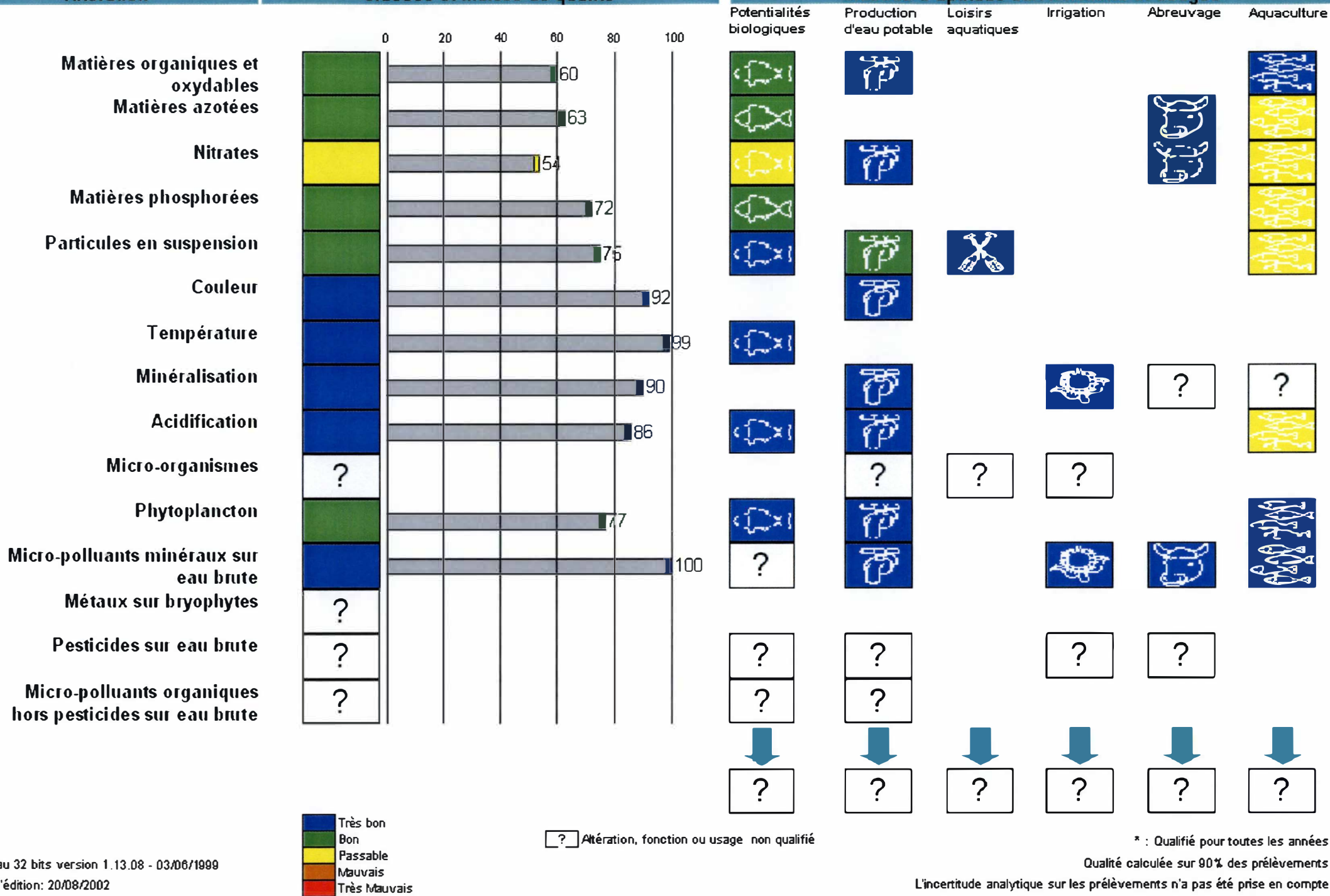


# Station 3770 - 26 opérations de prélèvement de 1999 à 2000

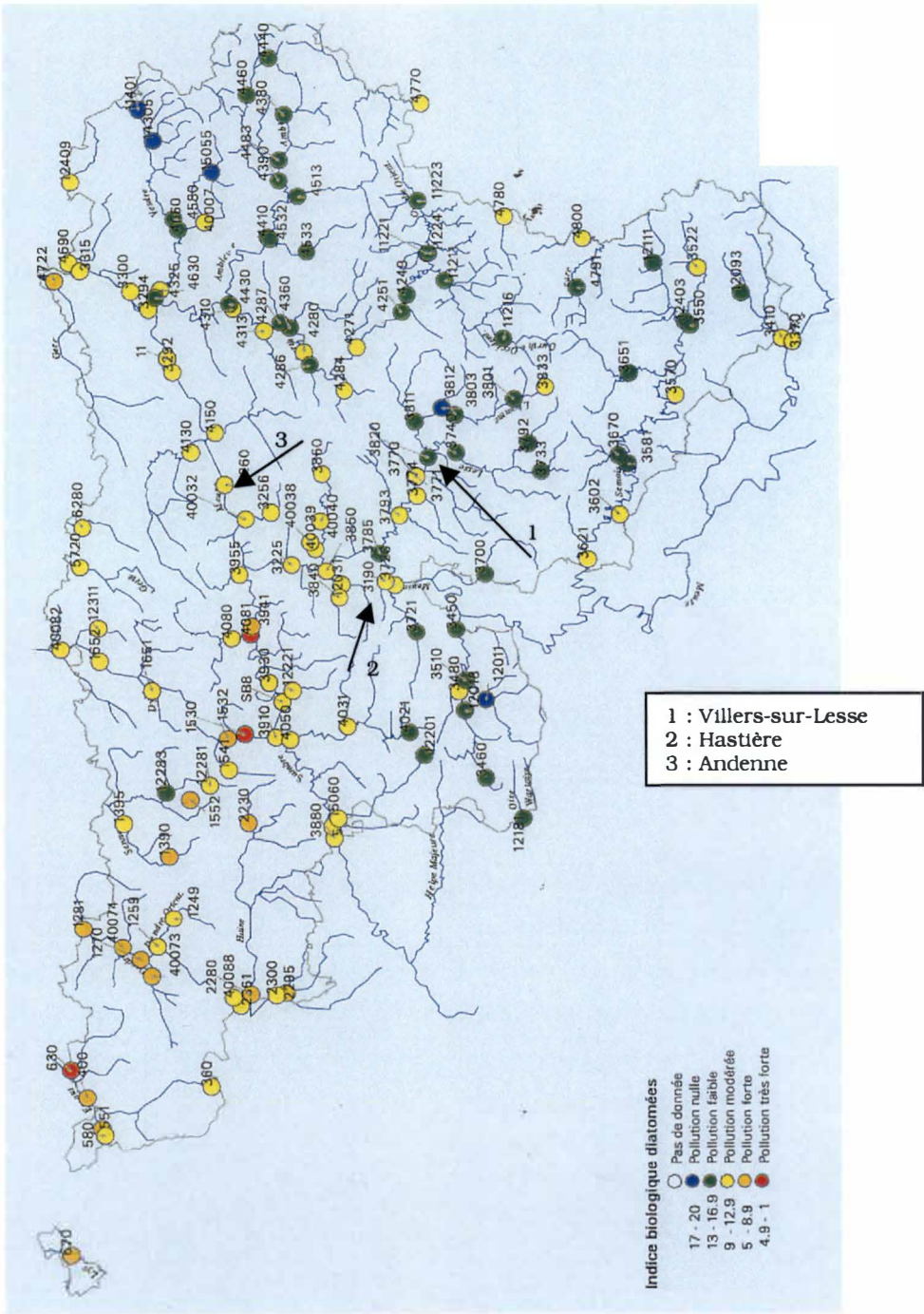
## Altération

## Classes et indices de qualité

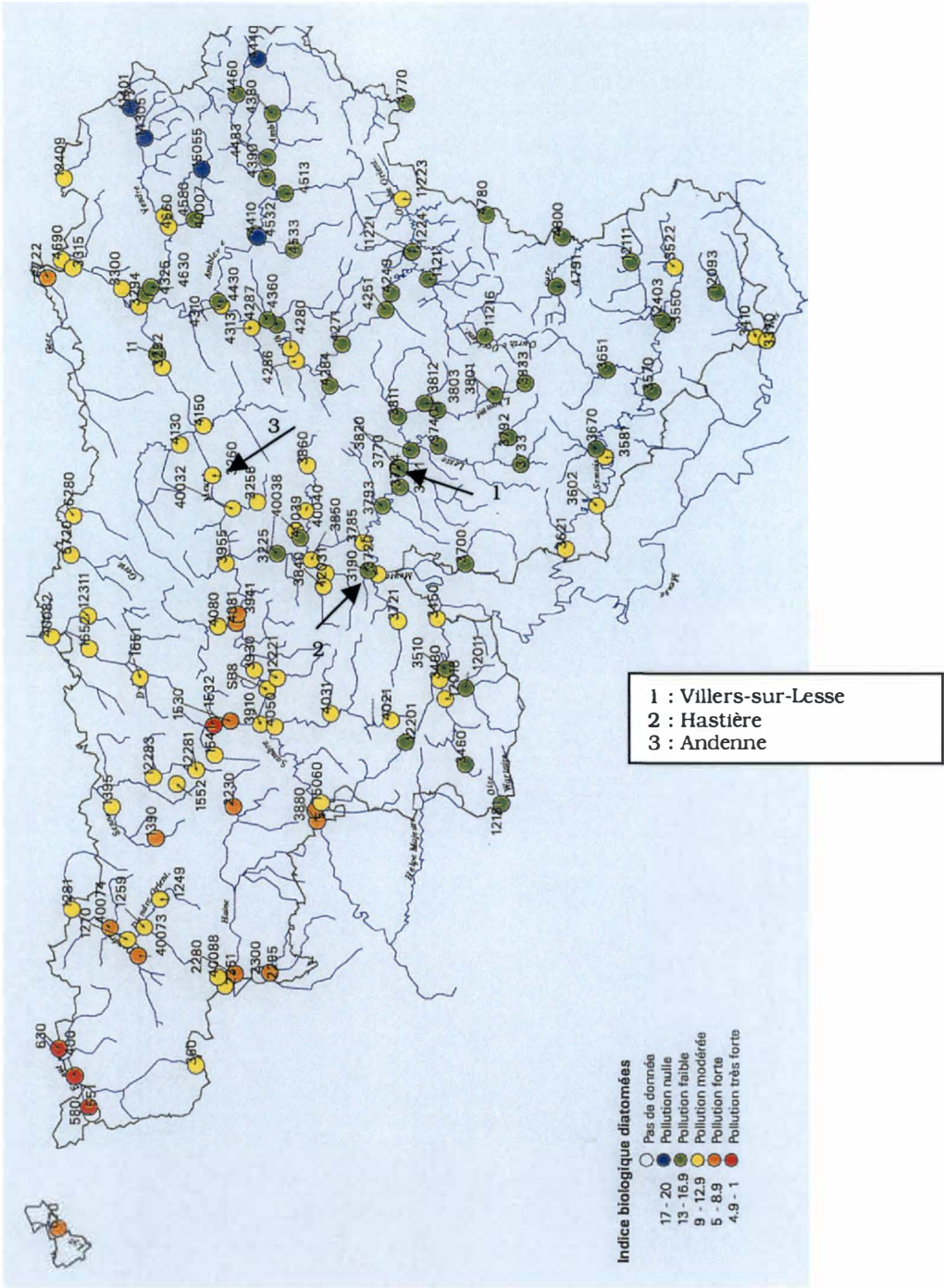
## Classes d'aptitude aux fonctions et usages



**Annexe 2a :** Indice diatomique (IBD) calculé en 1999 pour différentes stations du réseau hydrographique wallon (Fauville et al., 2001). Les flèches indiquent les sites de Villers-sur-Lesse, d'Hastière et d'Andenne.



**Annexe 2b :** Indice diatomique (IBD) calculé au printemps 2000 pour différentes stations du réseau hydrographique wallon (Fauville et al., 2001). Les flèches indiquent les sites de Villers-sur-Lesse, d'Hastière et d'Andenne.



### Annexe 3 : Protocole de préparation des poissons de la collection de référence (d'après Mathieu, 1997).

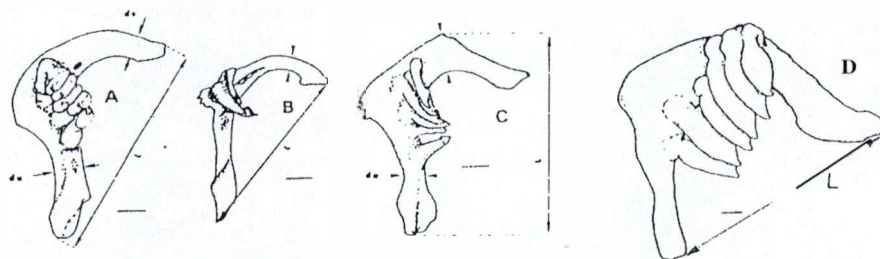
Les poissons sont récoltés sur la Meuse ou ses affluents à l'aide des deux grandes méthodes de capture : la pêche à l'électricité et la pêche au filet maillant.

- × Mesure des poissons à la règle.
- × Pesée des poissons (poids frais).
- × Euthanasie des individus selon une méthode évitant la fracture des pièces crâniennes.
- × Identification de chaque poisson sur une fiche comportant le nom de l'espèce, la longueur totale et le poids frais de l'individu, la date et le lieu de pêche ainsi qu'un numéro attribué au poisson.
- × Emmaillotage du poisson dans du papier aluminium après avoir glissé à l'intérieur un morceau de papier calque portant le numéro d'identification du poisson.
- × Cuisson dans une marmite d'eau bouillante pendant environ 5 à 15 minutes, selon la taille du poisson, afin de permettre un retrait aisé de la peau, des muscles et des tissus connectifs.  
Le temps de cuisson est très important. Une cuisson trop longue pourrait en effet fragiliser et endommager les os.
- × Retrait des poissons de l'eau à l'aide d'un écumoir et prélèvement, l'aluminium enlevé, des différents éléments intéressants du squelette sur chaque face du poisson.
- × Immersion des os de chaque poisson dans un pilulier individuel de 50 ml contenant une solution d'eau mélangée à une vingtaine de gouttes de peroxyde d'hydrogène 30 %. Ceci permet le blanchiment des structures osseuses, qui seront ensuite rincées, séparées et séchées à l'air libre sur une boîte de Pétri.

Annexe 4: Mesure des pièces caractéristiques (d'après Casteel, 1976;  
Libois et al., 1987; Libois & Hallet-Libois, 1988)

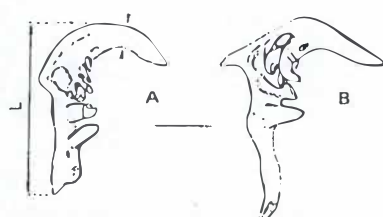
1. Dents pharyngiennes de cyprinidés

1.1. Os pharyngiens à une seule rangée de dents



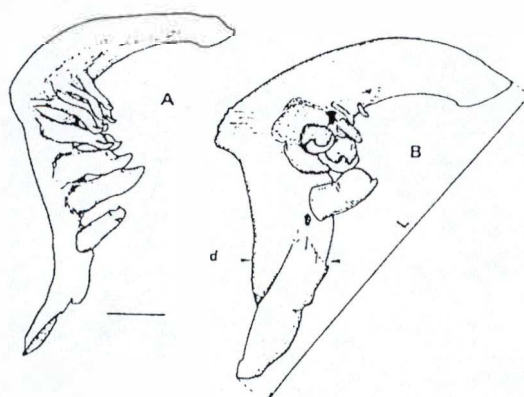
A: *Tinca tinca* ; B: *Abramis brama* ; C: *Rutilus rutilus* ; D: *Chondrostoma nasus*

1.2. Os pharyngiens à deux rangées de dents



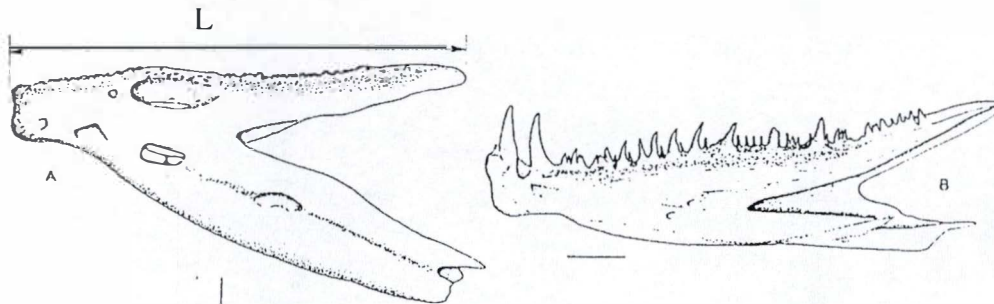
A: *Gobio gobio* ; B: *Alburnus alburnus*

1.3. Os pharyngiens à trois rangées de dents



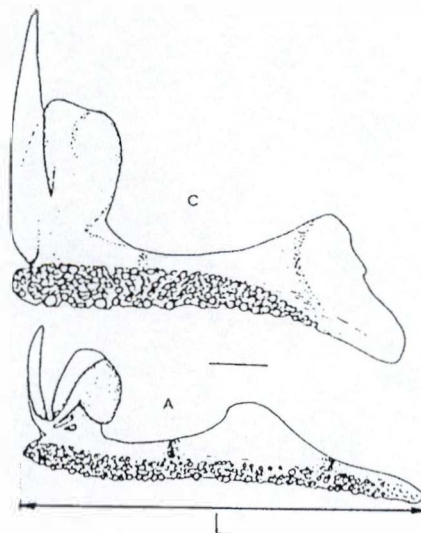
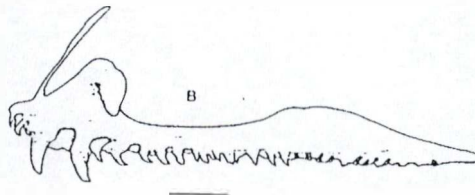
A: *Barbus barbus* ; B: *Cyprinus carpio*

## 2. Dentaires de percidés



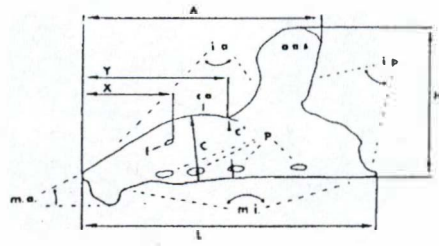
A: *Perca fluviatilis* ; B: *Stizostedion lucioperca*  
(Les traits représentent 1 mm)

## 3. Prémaxillaires de percidés

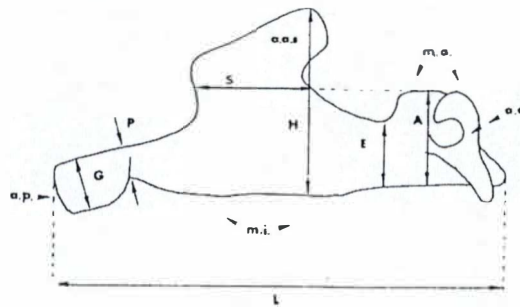


A: *Perca fluviatilis* ; B: *Stizostedion lucioperca* ; C: *Gymnocephalus cernua*  
(les traits représentent 1 mm)

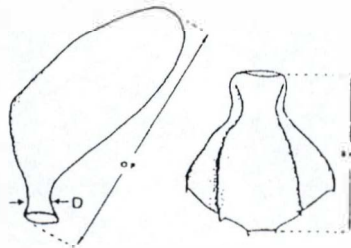
#### 4. Dentaires de cyprinidés



#### 5. Maxillaires de cyprinidés

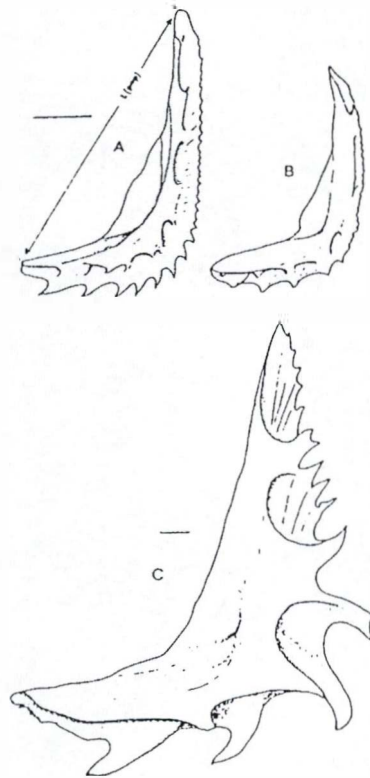


#### 6. Pièces caractéristiques d'anguille



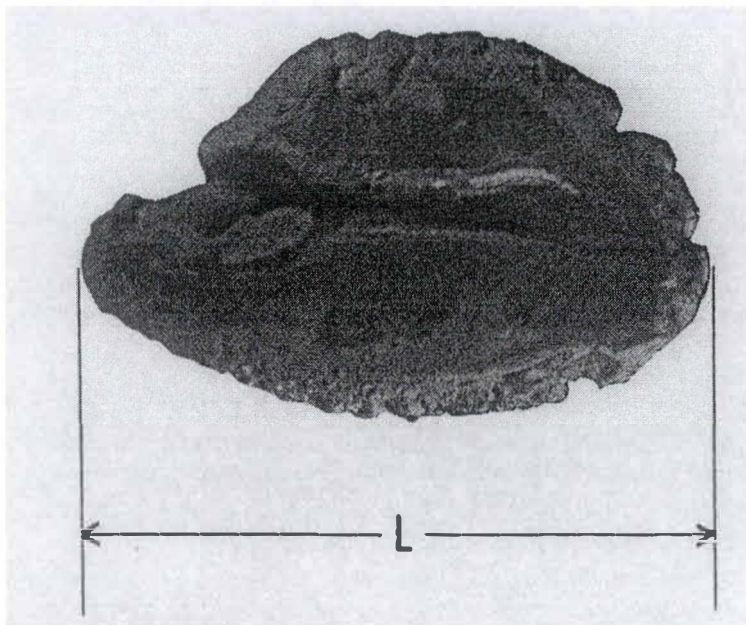
A: Opercule : B: Os basioccipital

## 7. Préoperculaires de percidés



A: *Perca fluviatilis* ; B: *Stizostedion lucioperca* ; C: *Gymnocephalus cernua*  
(les traits représentent 1 mm)

## 8. Otolithes



## Annexe 5 : Formules de régression utilisées pour le rétrocalcul de la taille et du poids des proies à partir de leurs structures anatomiques caractéristiques.

### 1. Régressions longueur des structures anatomiques-longueur du poisson

| Calcul de la taille des proies consommées<br>espèce | structure identifiée  | équation                    | r      | n   | source                       |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------|-----|------------------------------|
| Gardon, <i>Rutilus rutilus</i>                      | plaques masticatrices | LT=3,86+2,13*CL             | 0,85   | 56  | Leopold et al., 2001         |
|                                                     | dents pharyngiennes   | LT=14,867*PL-1,517          | 0,983  | 88  | Libois & Hallet-Libois, 1988 |
|                                                     |                       | LT=1,32+1,53*PL             | 0,91   | 71  | Leopold et al., 2001         |
|                                                     | otolithes             | LT=6,90*OL                  |        | 71  | Leopold et al., 2001         |
|                                                     | dentaires             | LT=30,983*DL-66,171         | 0,981  | 14  | collections de référence     |
|                                                     | maxillaires           | LT=24,017*ML-12,439         | 0,989  | 14  | collections de référence     |
| Brème commune, <i>Abramis brama</i>                 | otolithes             | LT=8,71*OL-2,82             | 0,91   | 93  | Leopold et al., 2001         |
|                                                     | plaques masticatrices | LT=3,34+4,50*CL             | 0,88   | 51  | Leopold et al., 2001         |
|                                                     | dentaires             | LT=19,016*DL-1,893          |        |     | Libois & Hallet-Libois, 1988 |
| Brème bordellère, <i>Blicca bjoerkna</i>            | otolithes             | LT=6,83*OL                  |        | 34  | Leopold et al., 2001         |
|                                                     | plaques masticatrices | LT=7,34+2,66*CL             |        |     | Leopold et al., 2001         |
|                                                     | dents pharyngiennes   | LT=1,90*PL                  |        | 36  | Leopold et al., 2001         |
| Ablette commune, <i>Alburnus alburnus</i>           | otolithes             | LF=49,206*OL+26,794         | 0,819  | 10  | Veldkamp, 1994               |
|                                                     | dents pharyngiennes   | LF=23,488*PL+1,674          | 0,894  | 10  | Veldkamp, 1994               |
|                                                     | plaques masticatrices | LF=45,924*CL-2,973          | 0,871  | 8   | Veldkamp, 1994               |
| Rotengle, <i>Scardinius erythrophthalmus</i>        | otolithes             | LT=6,61*OL                  |        | 29  | Leopold et al., 2001         |
|                                                     | dents pharyngiennes   | LF=15,046*PL+4,4352         | 0,975  | 17  | Veldkamp, 1994               |
|                                                     | plaques masticatrices | LT=3,48+2,79*CL             | 0,95   | 20  | Leopold et al., 2001         |
|                                                     | dentaires             | LT=19,306*DL-11,567         | 0,996  | 17  | Libois & Hallet-Libois, 1988 |
|                                                     | maxillaires           | LT=18,819*ML+2,486          | 0,994  | 16  | Libois & Hallet-Libois, 1988 |
| Ablette / Rotengle                                  | plaques masticatrices | moyenne ablette et rotengle |        |     |                              |
|                                                     | dents pharyngiennes   | moyenne ablette et rotengle |        |     |                              |
| Goujon, <i>Gobio gobio</i>                          | otolithes             | LT=8,04*OL                  |        | 11  | Leopold et al., 2001         |
|                                                     | dents pharyngiennes   | LT=2,03*PL                  |        | 10  | Leopold et al., 2001         |
| Carpe commune, <i>Cyprinus carpio</i>               | otolithes             | LT=8,85*OL-5,31             | 0,96   | 61  | Leopold et al., 2001         |
|                                                     | plaques masticatrices | LT=3,41*CL-2,58             | 0,94   | 65  |                              |
| Chevaline, <i>Leuciscus cephalus</i>                | otolithes             | LT=139*OL-320,5             | 0,9998 | 3   | collections de référence     |
|                                                     | plaques masticatrices | LT=35*CL+48,667             | 0,7607 | 3   | collections de référence     |
|                                                     | dents pharyngiennes   | LT=(16,864*PL)*0,935        | 0,98   | 26  | Radke et al., 2000           |
|                                                     | dentaires             | LT=14,711*DL-25,737         | 0,8511 | 3   | collections de référence     |
|                                                     | maxillaires           | LT=17,5*ML-91,333           | 0,7607 | 3   | collections de référence     |
| Hotu, <i>Chondrostoma nasus</i>                     | otolithes             | LT=75,714*OL+13,143         | 0,9111 | 6   | collections de référence     |
|                                                     | dents pharyngiennes   | LT=18,573*PL+13,247         | 0,9294 | 6   | collections de référence     |
| Valron, <i>Phoxinus phoxinus</i>                    | otolithes             | voir goujon                 |        |     |                              |
| Cyprinidés indéterminés, <i>Cyprinidae sp.</i>      | otolithes             | moyenne des cyprins         |        |     |                              |
| Anguille, <i>Anguilla anguilla</i>                  | otolithes             | LT=19,37*OL-6,82            | 0,97   | 170 | Leopold et al., 2001         |
|                                                     | opercules             | LT=3,677*OPL+1,938          | 0,986  | 61  | Libois et al., 1987          |
|                                                     | os basioccipital      | LT=9,246*BOL-6,342          | 0,989  | 62  | Libois et al., 1987          |
| Perche, <i>Perca fluviatilis</i>                    | otolithes             | LT=3,44*OL-2,54             | 0,88   | 57  | Leopold et al., 2001         |
|                                                     | os pré-operculaires   | LT=7,742*LPO+15,368         | 0,96   | 21  | Libois et al., 1987          |
|                                                     | dentaires             | LT=12,964*DL-1,2212         | 0,98   | 12  | collections de référence     |
|                                                     | pré-maxillaires       | LT=16,435*PML-6,5816        | 0,977  | 11  | collections de référence     |
| Sandre, <i>Sander lucioperca</i>                    | pré-maxillaires       | LT=13,462*PML-28,231        | 0,9861 | 3   | collections de référence     |
|                                                     | dentaires             | LT=12,092*DL-29,051         | 0,9996 | 3   | collections de référence     |
|                                                     | otolithes             | LT=4,85*OL-7,04             | 0,9    | 120 | Leopold et al., 2001         |
| Grémille, <i>Gymnocephalus cernua</i>               | os pré-operculaires   | LT=7,2051*LPO+17,372        | 0,8103 | 7   | collections de référence     |
|                                                     | otolithes             | LT=1,98*OL                  |        | 43  | Leopold et al., 2001         |
| Saumon atlantique, <i>Salmo salar</i>               | otolithes             | LT=88,4*OL-45,1             | 0,768  | 6   | Härkönen, 1986               |
| Saumon fontaine, <i>Salvelinus fontinalis</i>       | otolithes             | LT=107,9*OL-87,7            | 0,941  | 6   | Härkönen, 1986               |
| Truite fario, <i>Salmo trutta fario</i>             | otolithes             | LT=45,382*OL+15,684         | 0,9933 | 3   | collections de référence     |
| Truite arc-en-ciel, <i>Oncorhynchus mykiss</i>      | otolithes             | LT=10,3*OL                  |        | 13  | Leopold et al., 2001         |
| Salmionidés indéterminés, <i>Salmonidae sp.</i>     | otolithes             | moyenne des salmionidés     |        |     |                              |

: LT(mm) et L (mm)

: LF (longueur à la fourche)

2. Régressions poids-longueur du poisson

| Calcul du poids ingéré                         | relation taille (mm)/<br>poids (g) des poissons<br>équation | r     | n   | source                       |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|-----|------------------------------|
| espèces                                        |                                                             |       |     |                              |
| Gardon, <i>Rutilus rutilus</i>                 | $\log(P)=3,208*\log(LT)-5,427$                              | 0,978 | 90  | Libois & Hallet-Libois, 1988 |
| Brème commune, <i>Abramis brama</i>            | $\ln(P)=3,174*\ln(LT)-12,557$                               | 0,995 | 15  | Libois & Hallet-Libois, 1988 |
| Brème bordelière, <i>Blicca bjoerkna</i>       | $P=(0,19*LT)^{3,54}$                                        | 0,98  | 40  | Leopold et al., 2001         |
| Ablette commune, <i>Alburnus alburnus</i>      | $\ln(P)=3,593*\ln(LF)-14,388$                               | 0,896 | 12  | Veldkamp, 1994               |
| Rotengle, <i>Scardinius erythrophthalmus</i>   | $\ln(P)=3,104*\ln(LT)-11,842$                               | 0,998 | 15  | Libois & Hallet-Libois, 1988 |
|                                                | $\ln(P)=3,362*\ln(LF)-12,741$                               | 0,994 | 18  | Veldkamp, 1994               |
| Ablette / Rotengle                             | moyenne ablette/rotengle                                    |       |     |                              |
| Goujon, <i>Gobio gobio</i>                     | $\ln(P)=3,314*\ln(LT)-13,035$                               | 0,979 | 18  | Libois & Hallet-Libois, 1988 |
| Carpe commune, <i>Cyprinus carpio</i>          | $\ln(P)=3,094*\ln(LT)-11,454$                               | 0,998 | 25  | Libois & Hallet-Libois, 1988 |
| Chevaine, <i>Leuciscus cephalus</i>            | $P=8,363E-6*LT^{3,030}$                                     |       |     | Goffaux D., Comm. Pers.      |
| Hotu, <i>Chondrostoma nasus</i>                | $P=15,65E-6*LT^{2,932}$                                     |       |     | Goffaux D., Comm. Pers.      |
| Vairon, <i>Phoxinus phoxinus</i>               | $P=5,527E-6*LT^{3,099}$                                     |       |     | Goffaux D., Comm. Pers.      |
| Cyprinidés indéterminés, <i>Cyprinidae sp.</i> | moyenne des cyprins                                         |       |     |                              |
| Anguille, <i>Anguilla anguilla</i>             | $P=(0,11*LT)^{3,21}$                                        | 0,98  | 168 | Leopold et al., 2001         |
| Perche, <i>Perca fluviatilis</i>               | $P=(0,2*LT)^{3,44}$                                         | 0,87  | 60  | Leopold et al., 2001         |
| Sandre, <i>Sander lucioperca</i>               | $P=(0,17*LT)^{3,26}$                                        | 0,9   | 122 | Leopold et al., 2001         |
| Grémille, <i>Gymnocephalus cernua</i>          | $P=(0,22*LT)^{3,18}$                                        | 0,95  | 44  | Leopold et al., 2001         |
| Saumon atlantique, <i>Salmo salar</i>          | $P=5,878E-6*LT^{3,098}$                                     |       |     | Goffaux D., Comm. Pers.      |
| Saumon fontaine, <i>Salvelinus fontinalis</i>  | $P=5,676E-6*LT^{3,098}$                                     |       |     | Goffaux D., Comm. Pers.      |
| Truite fario, <i>Salmo trutta fario</i>        | $P=5,878E-6*LT^{3,098}$                                     |       |     | Goffaux D., Comm. Pers.      |
| Truite arc-en-ciel, <i>Oncorhynchus mykiss</i> | $P=5,878E-6*LT^{3,098}$                                     |       |     | Goffaux D., Comm. Pers.      |
| Salmonidés indéterminés, <i>Salmonidae sp.</i> | moyenne des salmonidés                                      |       |     |                              |

: LT en mm  
: LF (longueur à la fourche)

Annexe 6 : Tableau récapitulatif des proportions, en nombre et en poids, et des occurences des différentes espèces-proies, pour les dortoirs de Vas'ti-Frotte et de Villers-sur-Lesse.

1. Au dortoir de Vas'ti-Frotte

1.1. Régime en abondances relatives

|                    | 23/11/01 | 7/12/01 | 5/01/02 | 17-18/01/02 | 29/01/02 | 1/02/02 | 15/02/02 | 22/02/02 | 1/03/02 | 7/03/02 | MOYENNE | Occurrence |
|--------------------|----------|---------|---------|-------------|----------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|------------|
| Gardon             | 33,9     | 30,0    | 35,2    | 45,1        | 45,8     | 34,4    | 27,2     | 25,4     | 29,7    | 19,8    | 32,6    | 84,0       |
| Brème commune      | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 1,6     | 0,0     | 0,2     | 2,0        |
| Brème bordelière   | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 3,7         | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,4     | 4,0        |
| Ablette commune    | 0,0      | 12,5    | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 1,6     | 0,0     | 1,4     | 4,0        |
| Rotengle           | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 1,6     | 1,0      | 0,0      | 0,0     | 0,9     | 0,3     | 6,0        |
| Ablette / Rotengle | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 4,7     | 0,0     | 0,5     | 2,0        |
| Goujon             | 11,0     | 17,5    | 27,8    | 22,0        | 28,8     | 33,6    | 14,6     | 29,6     | 37,5    | 25,9    | 24,8    | 80,0       |
| Carpe commune      | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 1,4      | 0,0     | 0,9     | 0,2     | 4,0        |
| Chevaine           | 0,9      | 0,0     | 3,7     | 0,0         | 1,7      | 1,6     | 0,0      | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,8     | 10,0       |
| Vairon             | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 0,0     | 1,0      | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,1     | 2,0        |
| Hotu               | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0        |
| Cyprinidés indét.  | 0,9      | 10,0    | 5,6     | 0,0         | 3,4      | 10,7    | 0,0      | 12,7     | 15,6    | 15,5    | 7,4     | 32,0       |
| Perche commune     | 8,3      | 17,5    | 7,4     | 14,6        | 13,6     | 7,4     | 4,9      | 7,0      | 6,3     | 32,8    | 12,0    | 58,0       |
| Sandre             | 0,9      | 0,0     | 1,9     | 3,7         | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0     | 0,9     | 0,7     | 8,0        |
| Grémille           | 43,1     | 12,5    | 18,5    | 8,5         | 3,4      | 9,8     | 50,5     | 21,1     | 1,6     | 3,4     | 17,3    | 36,0       |
| Anguille           | 0,9      | 0,0     | 0,0     | 2,4         | 3,4      | 0,8     | 1,0      | 2,8      | 1,6     | 0,0     | 1,3     | 20,0       |
| nb poissons        | 109      | 40      | 54      | 82          | 59       | 122     | 103      | 71       | 64      | 116     | 820     | 352,0      |
| nb poissons/pelote | 21,8     | 8,0     | 10,8    | 16,4        | 11,8     | 24,4    | 20,6     | 14,2     | 12,8    | 23,2    | 16,4    |            |
| nb pelotes         | 5        | 5       | 5       | 5           | 5        | 5       | 5        | 5        | 5       | 5       | 50      |            |

1.2. Régime en % de poids

|                    | 23/11/01 | 7/12/01 | 5/01/02 | 17-18/01/02 | 29/01/02 | 1/02/02 | 15/02/02 | 22/02/02 | 1/03/02 | 7/03/02 | MOYENNE |
|--------------------|----------|---------|---------|-------------|----------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|
| Gardon             | 10,0     | 10,3    | 44,8    | 18,3        | 41,6     | 27,0    | 33,4     | 20,9     | 34,5    | 23,6    | 26,6    |
| Brème commune      | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,6     | 0,0     | 0,1     |
| Brème bordelière   | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 20,9        | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 3,2     |
| Ablette commune    | 0,0      | 0,2     | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,1     | 0,0     | 0,0     |
| Rotengle           | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 3,3     | 2,3      | 0,0      | 0,0     | 1,2     | 0,8     |
| Ablette / Rotengle | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 2,1     | 0,0     | 0,2     |
| Goujon             | 7,9      | 6,4     | 21,7    | 6,9         | 10,1     | 20,6    | 12,0     | 12,5     | 13,8    | 15,7    | 12,8    |
| Carpe commune      | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,3      | 0,0     | 2,8     | 0,3     |
| Chevaine           | 0,4      | 0,0     | 1,4     | 0,0         | 6,1      | 0,9     | 0,0      | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,9     |
| Vairon             | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 0,0     | 0,5      | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0     |
| Hotu               | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0         | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0     | 0,0     | 0,0     |
| Cyprinidés indét.  | 6,8      | 0,6     | 0,5     | 0,0         | 0,4      | 8,7     | 0,0      | 2,8      | 9,4     | 7,2     | 3,9     |
| Perche commune     | 30,9     | 44,0    | 16,0    | 29,7        | 24,6     | 16,4    | 4,5      | 25,1     | 15,5    | 30,9    | 24,3    |
| Sandre             | 1,0      | 0,0     | 1,7     | 1,6         | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0     | 13,9    | 1,9     |
| Grémille           | 24,3     | 6,2     | 11,0    | 1,5         | 2,1      | 4,6     | 35,9     | 5,2      | 1,1     | 1,6     | 8,7     |
| Anguille           | 18,7     | 0,0     | 0,0     | 21,1        | 15,0     | 18,0    | 11,5     | 33,4     | 22,9    | 0,0     | 16,2    |
| Biomasse totale    | 1952,8   | 1236,7  | 1155,8  | 2970,0      | 2270,8   | 2468,3  | 1804,1   | 2216,4   | 1944,5  | 2066,5  | 20085,8 |
| Moyenne (g)        | 390,6    | 247,3   | 231,2   | 594,0       | 454,2    | 493,7   | 360,8    | 443,3    | 388,9   | 413,3   | 401,7   |
| Ecart-type         | 373,6    | 214,2   | 149,5   | 310,7       | 319,6    | 405,1   | 157,2    | 302,6    | 120,3   | 400,6   |         |

## 2. Au dortoir de Villers-sur-Lesse

### 2.1. Régime en abondances relatives

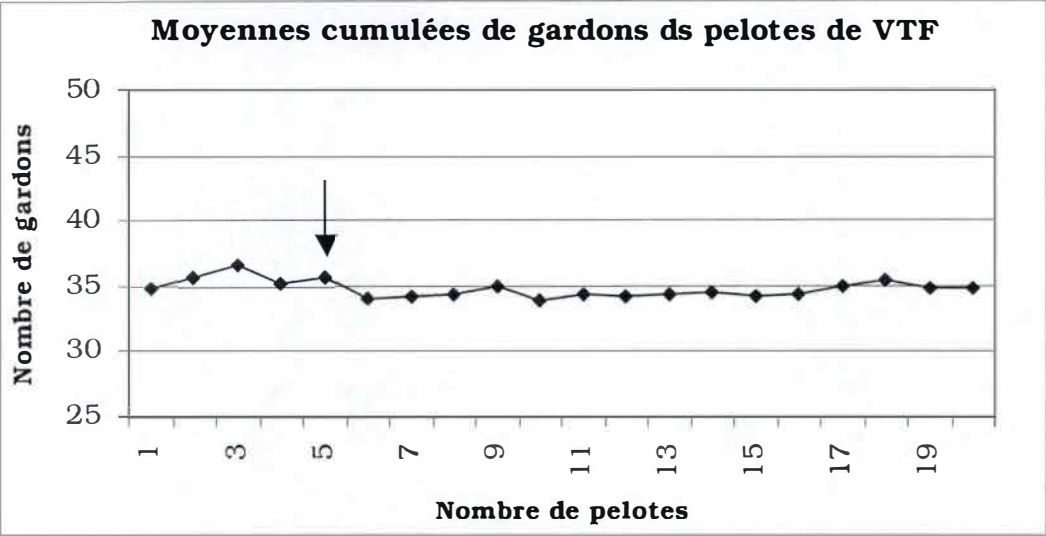
|                    | 5/02/02 | 11/02/02 | 19/02/02 | 26/02/02 | 5/03/02 | 20/03/02 | MOYENNE | Occurrence |
|--------------------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|---------|------------|
| Gardon             | 42,9    | 42,9     | 25,3     | 7,6      | 13,7    | 19,0     | 24,74   | 78,0       |
| Brème commune      | 0,8     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,11    | 2,0        |
| Brème bordelière   | 0,8     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,11    | 2,0        |
| Ablette commune    | 0,0     | 0,0      | 1,6      | 7,6      | 3,2     | 2,4      | 2,29    | 16,0       |
| Rotengle           | 0,0     | 0,0      | 18,4     | 15,2     | 9,7     | 9,5      | 9,28    | 30,0       |
| Ablette / Rotengle | 0,0     | 0,0      | 1,1      | 13,0     | 4,8     | 2,4      | 3,21    | 18,0       |
| Goujon             | 34,1    | 28,6     | 30,5     | 17,4     | 32,3    | 19,0     | 28,75   | 68,0       |
| Carpe commune      | 0,8     | 5,3      | 1,1      | 1,1      | 0,4     | 0,0      | 1,37    | 12,0       |
| Chevaine           | 2,4     | 6,0      | 3,2      | 2,2      | 0,0     | 1,2      | 2,29    | 34,0       |
| Vairon             | 0,0     | 0,0      | 0,5      | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,11    | 2,0        |
| Hotu               | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,4     | 0,0      | 0,11    | 2,0        |
| Cyprinidés indét.  | 4,8     | 1,5      | 9,5      | 10,9     | 17,7    | 3,6      | 9,51    | 38,0       |
| Perche commune     | 8,7     | 14,3     | 5,3      | 18,5     | 15,7    | 42,9     | 15,12   | 52,0       |
| Sandre             | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,4     | 0,0      | 0,11    | 2,0        |
| Grémille           | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 2,2      | 0,0     | 0,0      | 0,23    | 2,0        |
| Anguille           | 0,8     | 0,0      | 1,1      | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,34    | 4,0        |
| Saumon atlantique  | 3,2     | 1,5      | 2,1      | 1,1      | 0,8     | 0,0      | 1,49    | 12,0       |
| Saumon fontaine    | 0,0     | 0,0      | 0,5      | 0,0      | 0,4     | 0,0      | 0,23    | 4,0        |
| Truite fario       | 0,8     | 0,0      | 0,0      | 1,1      | 0,0     | 0,0      | 0,23    | 4,0        |
| Truite arc-en-ciel | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,4     | 0,0      | 0,11    | 2,0        |
| Salmonidés indét.  | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 2,2      | 0,0     | 0,0      | 0,23    | 4,0        |
| nb poissons        | 126     | 133      | 190      | 92       | 248     | 84       | 873     | 386,3      |
| nb poissons/pelote | 18,0    | 13,3     | 15,8     | 10,2     | 27,6    | 28,0     | 17,5    |            |
| nb pelotes         | 7       | 10       | 12       | 9        | 9       | 3        | 50      |            |

### 2.2. Régime en % de poids

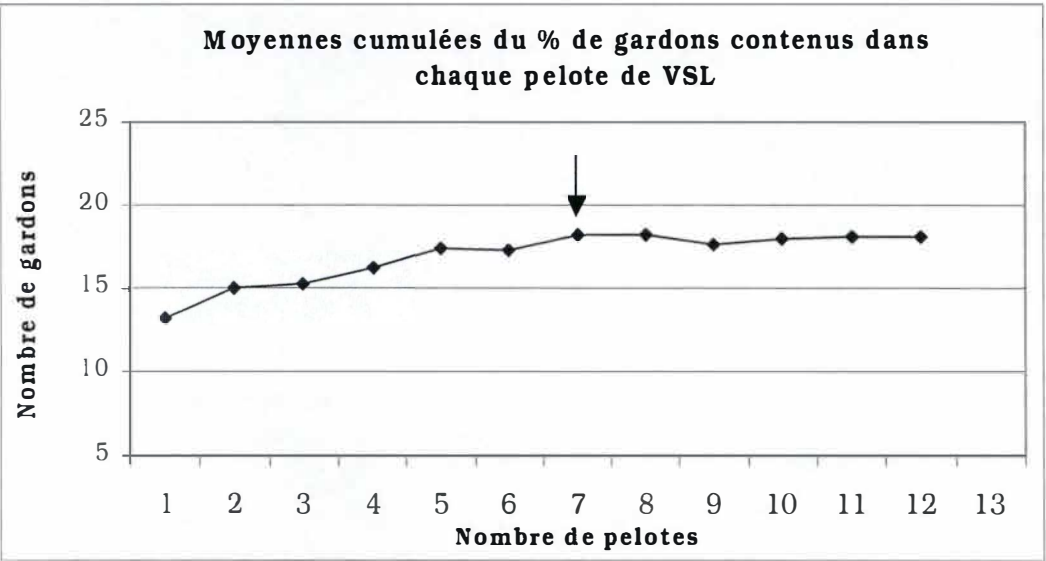
|                     | 5/02/02 | 11/02/02 | 19/02/02 | 26/02/02 | 5/03/02 | 20/03/02 | MOYENNE |
|---------------------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|---------|
| Gardon              | 19,2    | 28,4     | 19,5     | 10,7     | 11,6    | 39,9     | 19,5    |
| Brème commune       | 1,1     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,2     |
| Brème bordelière    | 3,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,5     |
| Ablette commune     | 0,0     | 0,0      | 0,2      | 0,8      | 0,2     | 0,1      | 0,2     |
| Rotengle            | 0,0     | 0,0      | 12,1     | 12,7     | 10,4    | 12,6     | 7,7     |
| Ablette / Rotengle  | 0,0     | 0,0      | 1,8      | 19,7     | 10,4    | 10,4     | 5,7     |
| Goujon              | 18,8    | 28,8     | 20,5     | 17,4     | 26,3    | 28,6     | 23,4    |
| Carpe commune       | 0,7     | 3,0      | 0,8      | 5,0      | 0,3     | 0,0      | 1,4     |
| Chevaine            | 10,1    | 17,0     | 14,1     | 8,6      | 0,0     | 1,0      | 9,3     |
| Vairon              | 0,0     | 0,0      | 0,9      | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,2     |
| Hotu                | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,5     | 0,0      | 0,1     |
| Cyprinidés indét.   | 3,6     | 0,3      | 9,0      | 5,4      | 8,1     | 2,5      | 5,6     |
| Perche commune      | 8,3     | 16,5     | 2,9      | 10,2     | 14,5    | 4,9      | 9,9     |
| Sandre              | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 0,0     |
| Grémille            | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 1,0      | 0,0     | 0,0      | 0,1     |
| Anguille            | 10,1    | 0,0      | 10,4     | 0,0      | 0,0     | 0,0      | 4,4     |
| Saumon atlantique   | 20,8    | 6,1      | 5,0      | 0,4      | 4,4     | 0,0      | 7,0     |
| Saumon fontaine     | 0,0     | 0,0      | 3,5      | 0,0      | 3,7     | 0,0      | 1,8     |
| Truite fario        | 3,0     | 0,0      | 0,0      | 0,7      | 0,0     | 0,0      | 0,6     |
| Truite arc-en-ciel  | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 8,5     | 0,0      | 2,0     |
| Salmonidés indét.   | 0,0     | 0,0      | 0,0      | 3,5      | 0,0     | 0,0      | 0,4     |
| Biomasse totale (g) | 2562,1  | 2614,7   | 3741,0   | 1590,5   | 3586,4  | 859,7    | 14954,3 |
| Moyenne (g)         | 366,0   | 261,5    | 311,7    | 176,7    | 398,5   | 286,6    | 300,2   |
| Ecart-type          | 189,4   | 233,9    | 133,3    | 227,0    | 178,2   | 168,3    |         |

Annexe 7 : Moyennes cumulées du nombre de gardons dans les pelotes de Vas'ti-Frotte et de Villers-sur-Lesse.

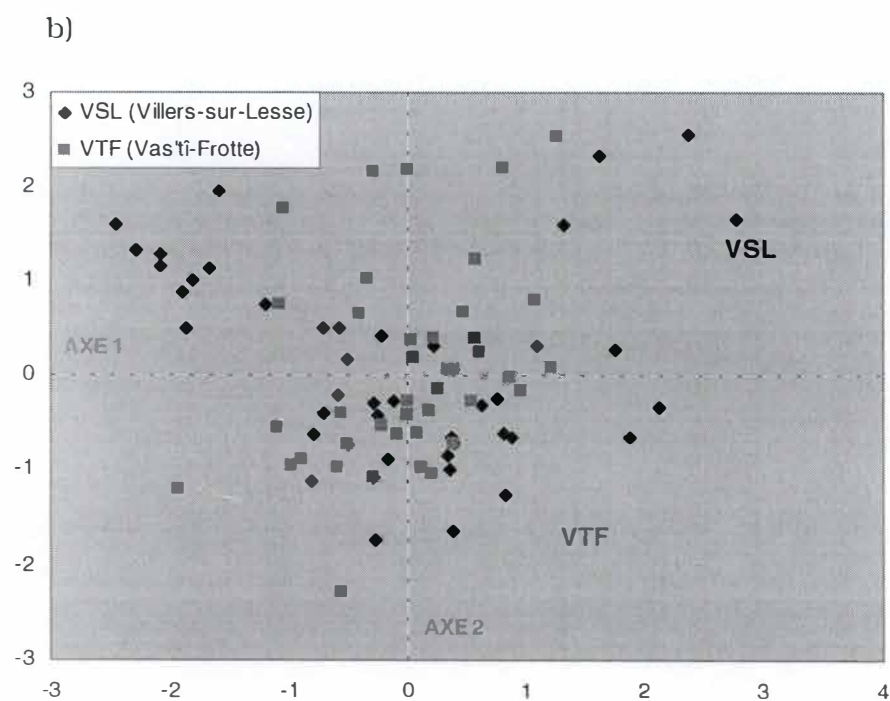
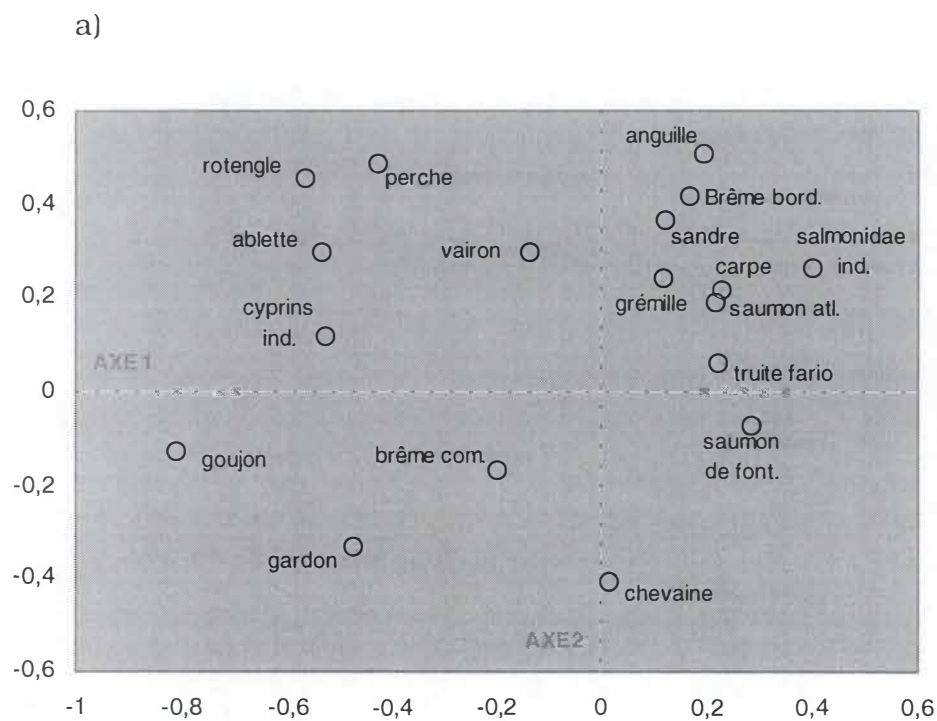
1. A Vas'ti-Frotte



2. A Villers-sur-Lesse



Annexe 8 : ACP représentant la répartition des pelotes de Vas'ti-Frotte et de Villers-sur-Lesse sur le plan formé par les axes 1 et 2.



## Annexe 9 : Tests statistiques réalisés.

### 1. Tests d'indépendance de $\chi^2$

#### 1.1. Comparaison des pelotes de Vas'ti-Frotte et de Villers-sur-Lesse

a) Pour toutes les pelotes

khi<sup>2</sup>

observé = 307,9 pour 20 degrés de liberté

Rho à 99,95 %

b) Pour un même laps de temps

khi<sup>2</sup> observé = 225,8 pour 20 degrés de liberté

Rho à 99,95 %

#### 1.2. Comparaison des pelotes d'un même site selon le débit

a) Vas'ti-Frotte

khi<sup>2</sup> observé = 53,8

pour 14 degrés de liberté

Rho à 99,95 %

b) Villers-sur-Lesse

khi<sup>2</sup> observé = 46,2

pour 20 degrés de liberté

Rho à 99,9 %

### 2. ANOVA 1

#### 2.1. Variation temporelle des captures à Vas'ti-Frotte

nb espèces p=0,441436

gardons p=0,708690

goujons p=0,250830

perches p=0,683304

grémilles p=0,408589

2.2. Variation temporelle des captures à Villers-sur-Lesse

nb espèces p=0,274195  
gardons p=0,109018  
goujons p=0,311252  
perches p=0,010217  
rotengles p=0,154813

3. Test t de Student

3.1. Test d'homogénéité des variances de Bartlett

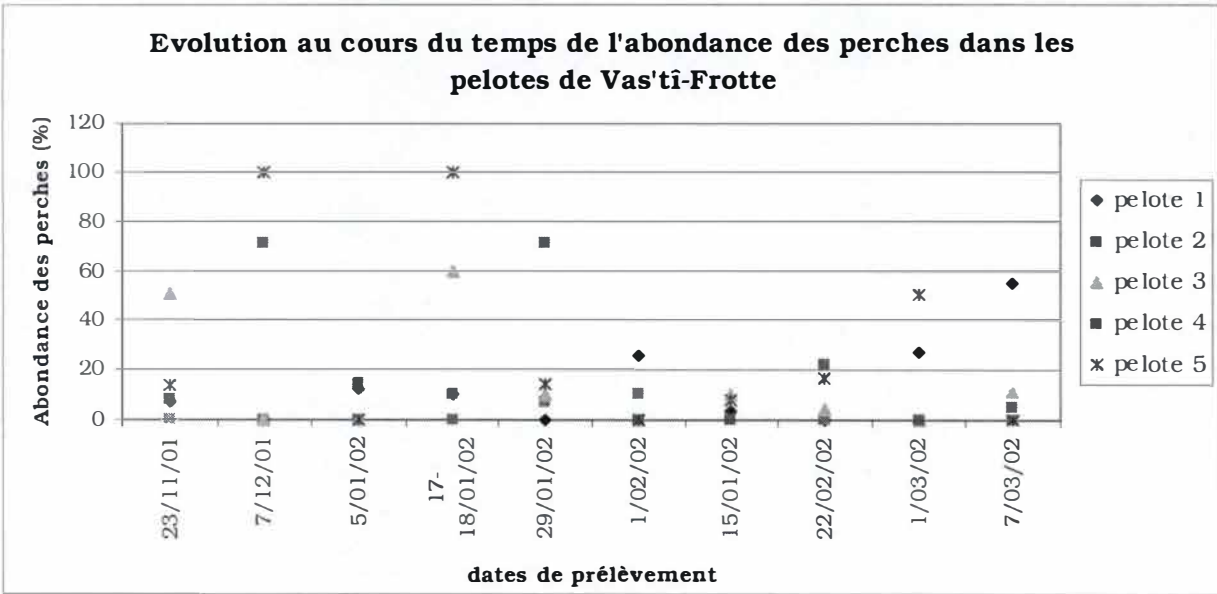
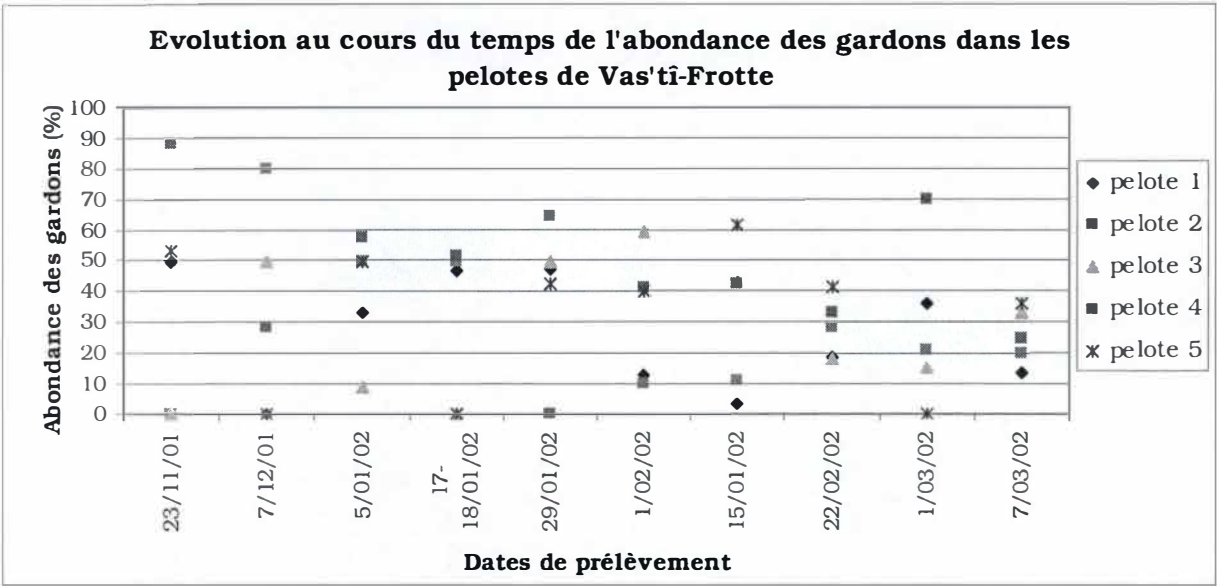
| test d'homoscédasticité de<br>Bartlett | Variable 1 | Variable 2 |
|----------------------------------------|------------|------------|
| Moyenne                                | 401,715979 | 300,167271 |
| Variance                               | 11657,1149 | 6211,58409 |
| Observations                           | 10         | 6          |
| Degré de liberté                       | 9          | 5          |
| F                                      | 1,87667344 |            |
| P(F<=f) unilatéral                     | 0,25275029 |            |
| Valeur critique pour F (unilatéral)    | 4,77245976 |            |

3.2. Test t de Student de comparaison des moyennes

probabilité =0,02461379  
Rho à 95 %

Annexe 10 : Evolution journalière de l'abondance relative des proies des grands cormorans.

1. A Vas'tî-Frotte

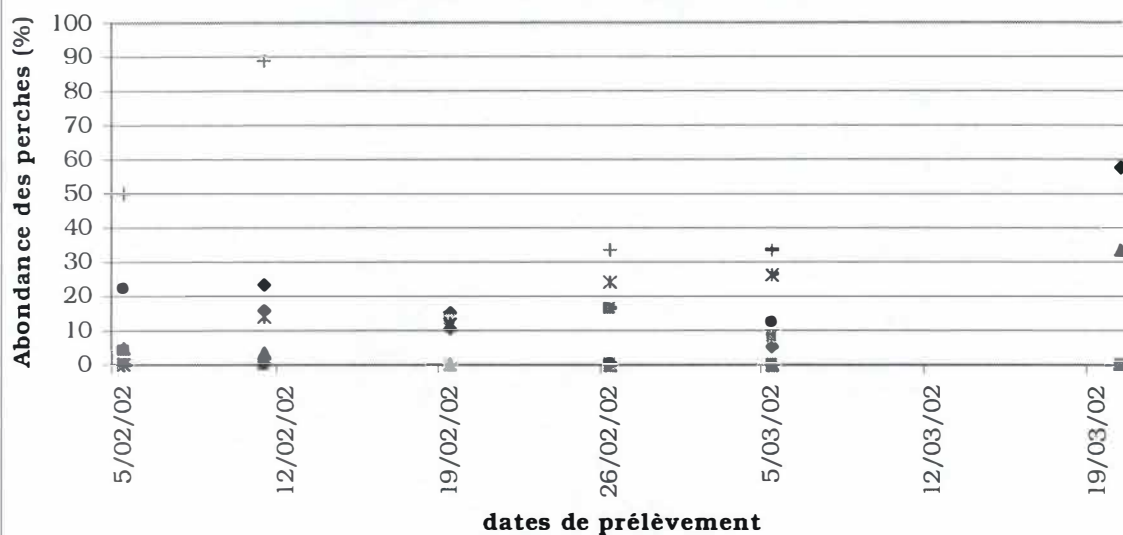


| dates de prélèvement | pelote 1 | pelote 2 | pelote 3 | pelote 4 | pelote 5 |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 23/11/01             | 100      | 100      | 100      | 100      | 100      |
| 7/12/01              | 35       | 10       | 10       | 10       | 10       |
| 5/01/02              | 10       | 10       | 90       | 10       | 10       |
| 17-18/01/02          | 13       | 7        | 10       | 10       | 10       |
| 29/01/02             | 10       | 7        | 10       | 10       | 10       |
| 1/02/02              | 15       | 70       | 10       | 10       | 10       |
| 15/01/02             | 88       | 81       | 22       | 10       | 10       |
| 22/02/02             | 10       | 10       | 55       | 10       | 10       |
| 1/03/02              | 8        | 10       | 10       | 10       | 10       |
| 7/03/02              | 10       | 10       | 32       | 10       | 8        |

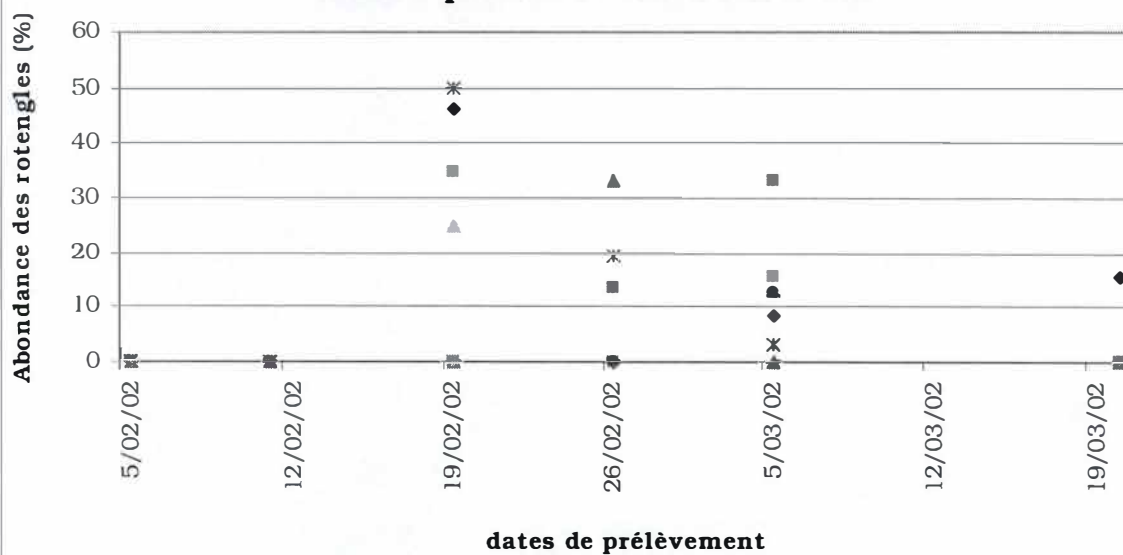
**Evolution au cours du temps de l'abondance des gardons dans les pelotes de Villers-sur-Lesse**

| Date     | pelote 1 | pelote 2 | pelote 3 | pelote 4 | pelote 5 | pelote 6 | pelote 7 | pelote 8 | pelote 9 | pelote 10 | pelote 11 | pelote 12 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 5/02/02  | 100      | 34       | 46       | 42       | 62       | 32       | 14       | 0        | 0        | 100       | 12        | 46        |
| 12/02/02 | 100      | 34       | 50       | 42       | 14       | 66       | 14       | 0        | 0        | 42        | 34        | 50        |
| 19/02/02 | 100      | 34       | 50       | 42       | 14       | 52       | 14       | 0        | 0        | 42        | 34        | 50        |
| 26/02/02 | 100      | 34       | 50       | 42       | 14       | 48       | 14       | 0        | 0        | 42        | 34        | 50        |
| 5/03/02  | 100      | 34       | 50       | 42       | 14       | 24       | 14       | 0        | 0        | 42        | 34        | 50        |
| 12/03/02 | 100      | 34       | 50       | 42       | 14       | 0        | 0        | 0        | 0        | 42        | 34        | 50        |
| 19/03/02 | 100      | 34       | 50       | 42       | 14       | 0        | 0        | 0        | 0        | 42        | 34        | 50        |

### Evolution au cours du temps de l'abondance des perches dans les pelotes de Villers-sur-Lesse

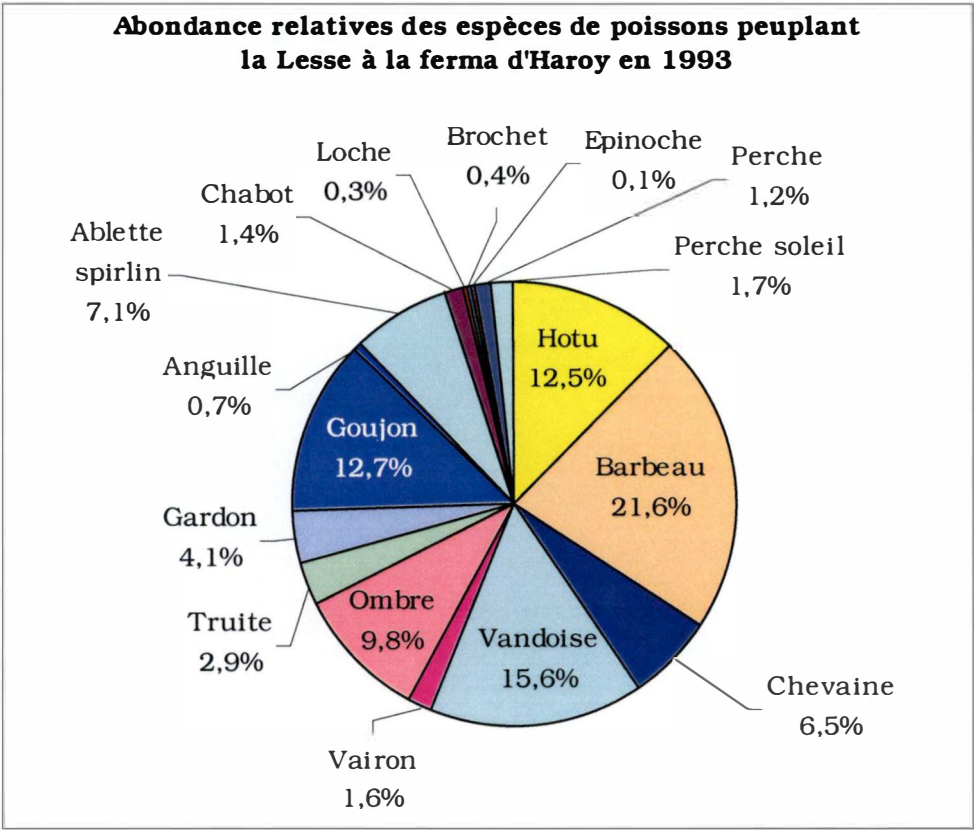


### Evolution au cours du temps de l'abondance des rotengles dans les pelotes de Villers-sur-Lesse

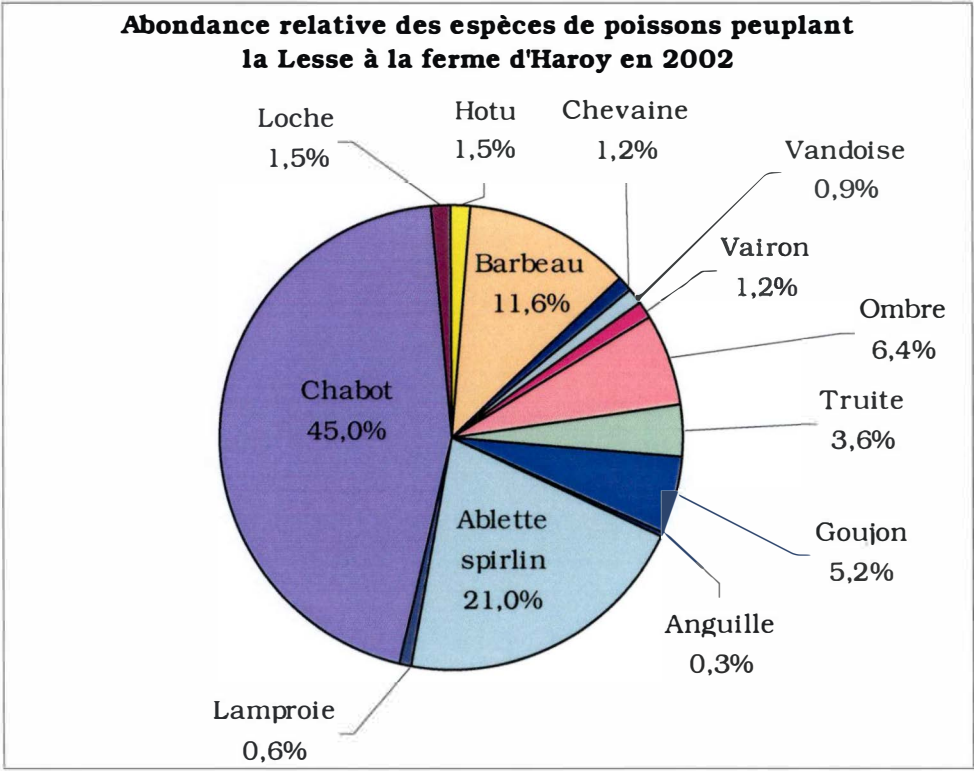


Annexe 11 : Comparaison de l'abondance relative des espèces ichtyologiques de Lesse entre 1993, avant l'arrivée des cormorans, et 2002.

1. En 1993



2. En 2002



Test d'indépendance de  $\chi^2$  pour la comparaison des populations de Lesse en 1993 et 2002

khi<sup>2</sup>  
observé= 491,5      pour 17 degrés de liberté  
**Rho à 99,95 %**

## Annexe 12 : Liste des espèces identifiées

Ablette *Alburnus alburnus* L.  
Anguille *Anguilla anguilla* L.  
Brème commune *Abramis brama* L.  
■ Brème bordelière *Blicca björkna* L.  
Carpe commune *Cyprinus carpio* L.  
Chevaine *Leuciscus cephalus* L.  
Gardon *Rutilus rutilus* L.  
Goujon *Gobio gobio* L.  
Grémille *Gymnocephalus cernua* L.  
Hotu *Chondrostoma nasus* L.  
Perche *Perca fluviatilis* L.  
Rotengle *Scardinius erythrophthalmus* L.  
Saumon atlantique *Salmo salar* L.  
Saumon de fontaine *Salvelinus fontinalis* Mitchill  
Sandre *Sander lucioperca* (L.)  
Truite fario *Salmo trutta fario* L.  
Truite arc-en-ciel *Oncorhynchus mykiss* Walbaum  
Vairon *Phoxinus phoxinus* L.