

Etude du régime et de la sélectivité alimentaire du Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo sinensis*) hivernant en Haute-Meuse belge

Geoffroy EVRARD & Anne-Laure TARBE



C.-H. Born

RÉSUMÉ - En une dizaine d'années, le Grand Cormoran a étendu son aire d'hivernage sur l'ensemble du réseau hydrographique wallon, en commençant par la vallée mosane. La formation de dortoirs de plus ou moins grande importance a semé le trouble au sein de la communauté des pêcheurs et pisciculteurs. En conséquence, nous avons étudié le régime et la sélectivité alimentaire de ce prédateur par l'analyse de pelotes de régurgitation. Pendant les périodes d'étude hivernales :

- 4 espèces (*Gardon* *Rutilus rutilus*, *Goujon* *Gobio gobio*, *Perche* *Perca fluviatilis* et *Grémille* *Gymnocephalus cernuus*) sont principalement consommées ;
- la taille des proies varie de 50 à 200 mm pour 90 % d'entre elles ;
- nous observons une stabilité du régime alimentaire dans sa composition. Aucune variation inter-annuelle n'est constatée. Durant l'hiver 2002-2003, une variation significative des captures de *Perche* commune apparaît.
- la *Grémille*, la *Perche* commune et le *Goujon* semblent être sélectionnés positivement. Le *Gardon* et l'*Anguille* *Anguilla anguilla* se retrouvent dans le régime en même proportion que dans le milieu. Alors que le Grand Cormoran évite les espèces telles que la *Brème Commune* *Abramis brama*, la *Brème bordelière* *Blicca bjoerkna* et le *Chevaine* *Leuciscus cephalus* sont évités.
- aucune sélectivité ne semble s'opérer sur les classes de taille consommées.

Le Grand Cormoran hivernant en Haute-Meuse belge appliquerait une sélectivité vis-à-vis de l'espèce ichtyologique même, de par la morphologie des proies, mais également vis-à-vis de l'habitat et du mode de vie de ces poissons.

Introduction

Après avoir été la cible d'importantes persécutions durant le XIXe et le début du XXe siècle, le Grand Cormoran fut inscrit dans la Directive Européenne sur la protection des oiseaux (79/409/CEE) avec, pour objectif, la sauvegarde de la sous-espèce continentale *Phalacrocorax carbo sinensis*, qui ne comptait plus, à l'époque, que quelques milliers de couples (MARION, 1997; TROLLIET, 1999; PAQUET, 2000).

Entre 1985 et 1995, les effectifs de la population nicheuse européenne auraient globalement doublé, pour atteindre un minimum de 180.000 couples en 1999 (TROLLIET, 1999). Dans les plus importantes colonies de reproduction d'Allemagne, des Pays-Bas, du Danemark et de Suède, le nombre de nids est passé de 53.000 en 1990 à environ 107.000 en 2000 (BREGNBALLE *et al.*, 2003).



Parallèlement au boom démographique de la population nicheuse, une augmentation des effectifs et un élargissement des zones d'hivernage connues dans toute l'Europe furent observés (TROLLET, 1999; MARION, 2003; MARTINCOVA & MUSIL, 2003; MELLIN & MIROWSKA-IBRON, 2003; PARZ-GOLLNER, 2003; VOLPONI & ADDIS, 2003).

En Wallonie, le statut du Grand Cormoran a fortement changé depuis le début des années 1990. Le premier dortoir de cormorans hivernants s'est établi, durant l'hiver 1990/91 le long de la Meuse liégeoise (CLOTUCHE & SCHAEKEN, 1991). Depuis, la population hivernante a rapidement colonisé l'entièreté de la vallée de la Meuse, se stabilisant, à l'heure actuelle, autour de 2.500-3.000 oiseaux répartis sur 6 dortoirs mosans principaux (LOLY & JACOB, 1997). A partir de 1996, de nouveaux dortoirs sont apparus sur les affluents et, de là, des oiseaux ont remonté, de façon progressive, jusqu'à la tête des rivières et sur des cours d'eau plus petits, à caractère salmonicole, où le Grand Cormoran pourrait potentiellement s'attaquer à des populations de proies plus sensibles (F.S.P.F.B., 1999). Notons que dans ces zones, ils ne se nourrissent pas exclusivement en rivière mais également en milieu fermé (étangs, piscicultures, lacs de barrage) (ULENAERS *et al.*, 1997; TARBE, 2002). A l'heure actuelle, il semble que le Grand Cormoran se soit établi sur tous les sites propices à son hivernage le long du réseau hydrographique wallon (PAQUET, en prép.).

Le Grand Cormoran est bien connu comme étant un prédateur piscivore au sommet de la chaîne trophique, considéré comme 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 (en solitaire ou collective) (NEUMAN *et al.*, 1997; VAN EERDEN, 2002). Son régime alimentaire répond tout d'abord à la disponibilité relative des différentes espèces de poissons et des classes de taille présentes dans le milieu (KELLER, 1995; LEOPOLD *et al.*, 1998). On peut ainsi observer

des variations spatiales et temporelles du régime de l'oiseau et constater des différences entre colonies et dortoirs d'une même région. Le type et la proportion des espèces consommées varient effectivement en fonction de différents paramètres tels que l'habitat (lacs eutrophes ou non, rivières salmonicoles ou cyprinicoles), la saison, les caractéristiques bathymétriques de la zone de pêche, le comportement des proies, l'âge des oiseaux, etc (DIRKSEN *et al.*, 1995; NEUMAN *et al.*, 1997; SUTER, 1997). Sa consommation hivernale moyenne a été estimée à 340 ± 95 g par jour (MARION, 1997), sur la base de l'analyse de pelotes de régurgitation, l'hypothèse de départ étant qu'une seule pelote soit quotidiennement produite (ZIJLSTRA & VAN EERDEN, 1995; LEOPOLD *et al.*, 1998). Une analyse plus récente (GRÉMILLET *et al.*, 2003), basée sur les besoins métaboliques de cette espèce selon des facteurs biotiques (activités quotidiennes) et abiotiques (essentiellement la température de l'eau) en période hivernale, évalue la consommation journalière moyenne à 672 g/jour (441 - 1095 g/jour).

En grande densité, ils peuvent être d'importants prédateurs, particulièrement dans des eaux fermées et peu profondes (MOERBECK *et al.*, 1987; PEDROLI & ZAUGG, 1995; VAN EERDEN *et al.*, 1995; FELTHAM *et al.*, 1999; JACOB *et al.*, 1999) mais aussi dans les têtes de rivière où l'oiseau a été responsable d'une forte diminution de la population de l'Ombre commun (*Thymallus thymallus*) ou d'autres Salmonidés dans certaines rivières européennes (KENNEDY & GREER, 1988; SUTER, 1991; CARSS & MARQUISS, 1995; PEDROLI & ZAUGG, 1995; WARKE & DAY, 1995; UIBLEIN *et al.*, 2001). Son exceptionnelle expansion a semé le trouble au sein de la communauté des pêcheurs et des pisciculteurs (BACCETTI *et al.*, 1993; GOYON, 1993; SOTTIAUX, 1996; SOYEURT, 1999). La prédation totale d'une colonie de Grands Cormorans a été estimée à 21 % de la production totale d'une rivière allemande, essentiellement composée de cyprins (KELLER, 1955). C'est pourquoi la connaissance de son régime alimentaire est devenue nécessaire en Wallonie et surtout dans le bassin mosan.



La mise en évidence d'un effet négatif au détriment des populations de poissons requiert une estimation rigoureuse du régime alimentaire, incluant la composition en espèce et les distributions de tailles consommées. De plus, l'étude du régime alimentaire fournit des informations précieuses sur la ration quotidienne consommée par cet oiseau, procurant, de ce fait, les bases d'une

quantification de la pression de prédation exercée durant la période hivernale. La composition des différentes espèces de poissons consommées permet une analyse de la sélectivité alimentaire de l'oiseau par une comparaison avec les estimations d'abondances relatives des différentes espèces de poissons proies dans le milieu.

Matériel et méthodes

Site d'étude

L'île Vas-t'y-Frotte (Namur, 4°51'31"E et 50°26'38"N -Fig. 1) est une île tout en longueur, d'une superficie d'environ 5 ha. Domaine militaire, reconnu comme site de Grand Intérêt Biologique dans le cadre du Programme Observatoire Faune, Flore & Habitats de la Région Wallonne, elle accueille le dortoir de Grands Cormorans le plus important de la Haute-Meuse, avec, par exemple, un maximum de 858 individus recensés le 08 janvier 2002. Les oiseaux s'y concentrent principalement sur la rive droite, plantée de peupliers.

Régime alimentaire

Nos objectifs étaient de déterminer les préférences alimentaires de l'oiseau en terme d'espèces de poissons consommées, de classes de tailles et de poids, avec une analyse de la sélectivité par rapport à la population ichthyologique en place.

L'identification des proies est réalisée grâce à la détermination des structures osseuses de poissons retrouvées dans les pelotes de régurgitation, celles-ci contenant les restes des poissons consommés durant les 24 h précédentes (JOHNSTONE *et al.*, 1990; DIRKSEN *et al.*, 1995; ZIJLSTRA & VAN EERDEN, 1995; LEOPOLD *et al.*, 1998). L'examen de pelotes de régurgitation

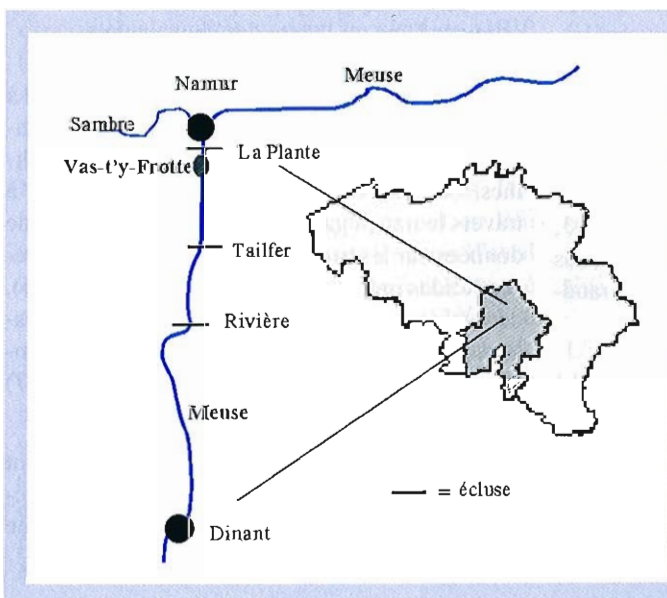


Fig. 1 - Localisation du site d'étude sur la Meuse - Location of the study site on the Meuse (Belgium)



fournit, avec un échantillonnage relativement peu contraignant, les bases du régime alimentaire des cormorans et ce, sans destruction. Les pelotes de régurgitation peuvent constituer, qualitativement, un indicateur solide du régime et être utilisées dans l'analyse des variations spatiales et temporelles de composition en espèces (CARSS *et al.*, 1997). L'échantillonnage de ces pelotes se fait tout à fait au hasard, la zone inspectée sous le dortoir varie d'un jour de prélèvement à l'autre. Le caractère aléatoire de la recherche des pelotes est primordial car les individus hivernant sur ce dortoir y sont d'une grande fidélité et il semble également que la répartition des oiseaux d'âges différents ne soit pas homogène sur l'entièreté du dortoir (PAQUET *et al.*, 2003). Une condition essentielle doit cependant être respectée : il est nécessaire que les pelotes ramassées soient entières. On s'assure ainsi qu'elles sont complètes et que le contenu de chacune d'elles reflète bien la prise alimentaire d'un seul oiseau au cours de la journée précédente. De plus, on choisit des pelotes fraîchement tombées.

Cent seize pelotes ont été récoltées au dortoir de Vas-t'y-Frotte entre novembre 2001 et mars 2002, et 100 pelotes au cours de l'hiver 2002-2003 sur la même période, soit un total de 216 échantillons sur deux saisons hivernales. L'origine des proies pêchées est importante. Il est connu que les oiseaux séjournant sur l'île se répartissent, durant la journée, essentiellement sur le cours principal de la Meuse en aval de Namur et sur un tronçon de la Sambre de ± 3 km, en amont de la confluence (DORMAL, 2003; Evrard, obs. pers.). Parfois, certains individus ont été observés sur des étangs connexes (Grand-Leez, à 18 km du dortoir).

Une fois récoltées, les pelotes sont soumises à cinq traitements successifs (MATHIEU, 1997) : une mise à l'étuve (37 °C pendant 24 h) pour la décomposition bactérienne du mucus, un tri pour la sélection des structures osseuses importantes sur tamis (mailles de 595 microns de côté), l'ajout de peroxyde d'hydrogène (30 %) destiné au

blanchiment des os et enfin une opération de rinçage à l'eau claire, et de séchage des structures pendant 24 h à température ambiante.

L'identification des structures osseuses s'est référée à plusieurs travaux et clés de détermination (HÄRKONEN, 1986; LIBOIS *et al.*, 1987; LIBOIS & HALLET-LIBOIS, 1988; VELDKAMP, 1994, 1995; RADKE *et al.*, 2000; LEOPOLD *et al.*, 2001) ainsi qu'à nos propres collections de référence. Une fois l'origine des différentes pièces osseuses caractérisée, celles-ci sont mesurées et la longueur et la biomasse du poisson sont estimées par l'utilisation de régressions linéaires provenant de la littérature et de calculs effectués sur nos collections de référence (un tableau, en annexe, reprend les pièces caractéristiques et les équations utilisées pour chaque espèce de poisson consommée). Pour une espèce, le Vairon *Phoxinus phoxinus*, nous ne disposons pas de formule de régression entre la taille de ses os caractéristiques et la longueur du poisson, nous avons assimilé les individus de cette espèce à des Goujons.

On notera que les données reprises sous la section 'Ablette/Rotengle' correspondent aux 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.

Enfin, notons que quelques biais sont associés à l'utilisation de cette technique, comme par exemple, l'érosion par la digestion ou la perte d'otolithes, ou d'autres structures osseuses fragiles, à travers le transit gastro-intestinal et le manque de données sur les proies qui ne laissent pas de pièces solides indigestes (JOBLING & BREIBY, 1986), désavantage qui concerne les espèces de poissons de petite taille. Dans une synthèse bibliographique sur le sujet, CARSS *et al.* (1997) dénombre 5 sources d'erreur probables :

- les restes osseux des plus petits poissons seront plus rapidement érodés et perdus, leur représentation, en taille et biomasse, dans le régime sera donc sous-estimée;

- l'érosion des pièces osseuses conduit à des imprécisions dans l'estimation des tailles, de telles erreurs peuvent être aggravées si les longueurs estimées sont transformées en poids de poissons frais;
- pour certains cormorans, l'hypothèse que le contenu d'une pelote reflète la prise de nourriture des 24 h précédente est incorrecte. Cela a des répercussions sur l'estimation de la consommation journalière mais aussi sur celle des besoins énergétiques;
- il est probable qu'il existe des variations saisonnières dans la production de pelotes;
- les restes osseux contenus dans l'estomac de poissons piscivores capturés par le Grand Cormoran se retrouvent erronément dans la composition du régime alimentaire.

Populations mosanes de poissons et sélectivité alimentaire

Afin de mettre en évidence la sélectivité alimentaire du Grand Cormoran, un référentiel des espèces présentes dans le milieu où il se nourrit doit être utilisé. Nous avons choisi, comme données de comparaison, les résultats de pêches expérimentales obtenus pour le calcul de l'IBIP (Indice Biologique Intégré Piscicole) relatif aux années 1999 et 2000 (GOFFAUX *et al.*, 2001). Il s'agit de l'échantillonnage des populations de poissons le plus complet réalisé à ce jour en Meuse belge, 25 espèces ont été capturées. Dix neuf campagnes d'échantillonnages ont eu lieu entre 1999 et 2000, réparties sur les mois d'avril à août (1999 : 13 séances de pêche à l'électricité et 11 de pêche aux filets maillants ; 2000 : 6 séances à l'électricité et 8 aux filets maillants). Les données (abondance et biomasse relatives) proviennent de séances (nocturnes et diurnes) de pêches aux filets maillants réalisées au centre du cours d'eau, ainsi que de pêches à l'électricité effectuées sur les rives du fleuve. Les espèces pélagiques et rivulaires sont donc représentées. Nous utiliserons les renseignements relatifs aux

proportions des différentes espèces de poissons présents en Meuse (GOFFAUX *et al.*, 2001). Ces données seront extrapolées à la section de la Sambre exploitée par les Grands Cormorans et se situant à proximité de la confluence, sous l'hypothèse que les communautés de poissons y sont identiques. Nous supposons également que les caractéristiques des communautés sont restées identiques entre les années 1999-2000 et notre période d'étude (2001-2003), ce qui semble être le cas d'après l'analyse des captures de pêches expérimentales de contrôle, réalisées durant les étés 2001 et 2002 par l'Unité de Recherche en Biologie des Organismes, dans le cadre d'une estimation des stocks mosans en Gardons (ÉVRARD & MICHA, 2003).

L'analyse de la sélectivité se fait, tout d'abord, par l'utilisation de l'indice S_i de CHESON (1983). Il se calcule pour chaque espèce de proie. Sa formule est :

$$S_i = (R_i / P_i) / (\sum_i^n R_i / P_i)$$

où R_i est la proportion de la proie i dans le régime du prédateur et P_i dans le milieu naturel, n étant le nombre d'espèces de proies. Sa valeur varie de 0 à 1. Il y a préférence alimentaire (sélection positive) pour un type de proie quand $S_i > 1/n$, et évitement (sélection négative) quand $S_i < 1/n$. Lorsque $S_i = 1/n$ (ou proche), la prédation n'est pas sélective, c'est-à-dire que la proie est consommée dans la même proportion qu'elle est présente dans le milieu. Par souci de clarté dans la présentation des résultats, la base de sélectivité $1/n$ a été ramenée à 0. Les valeurs de S_i positives correspondent à une sélectivité positive et inversement.

L'indice de sélectivité alimentaire ne donne, en définitive, que des valeurs finies pour chacune des espèces consommées. Chaque valeur S_i de l'indice est la résultante de la proportion du total des individus de chaque espèce dans toutes les pelotes analysées reporté sur sa proportion dans le milieu. Ce n'est donc pas une valeur moyenne autour de laquelle l'on pourrait estimer un inter-



valle de confiance. Une analyse statistique semble à première vue inadéquate pour prouver l'existence de sélection alimentaire. L'utilisation du Bootstrap s'est avérée nécessaire (EFRON & TIBSHIRANI, 1993; MANLY, 1997).

Le principe général de la méthode d'inférence statistique non paramétrique du Bootstrap est de rééchantillonner un grand nombre de fois l'échantillon initial qui a été réellement prélevé dans la population, l'inférence statistique étant basée sur les résultats des échantillons ainsi obtenus (PALM, 2002). Nous obtenons donc plusieurs estimations de S_j (1.000 dans ce cas) sur lesquelles une moyenne et un écart-type sont cal-

culés. Un biais par rapport à la valeur observée est mesuré et un intervalle de confiance à 95 % est donné, ce qui permet de montrer l'existence, ou non, d'une sélectivité (négative ou positive) significativement différente du seuil moyen (valeur 0) de l'indice de Chesson. Nous avons choisi cette méthode d'investigation car la distribution d'échantillonnage du paramètre étudié S_j ne doit pas être obligatoirement normale pour que la méthode soit satisfaisante, normalité qui est souvent la condition de l'inférence statistique classique (t de Student, χ^2) mais qui est rarement rencontrée lors du calcul d'indice en biologie (PALM, 2002).

Résultats

1 - Régime alimentaire

Les résultats présentés ci-dessous regroupent les données du régime alimentaire du Grand Cormoran pour les deux périodes hivernales d'échantillonnage. Les données ont été regroupées car il ne semble pas y avoir de variabilité inter-annuelle (cf. comparaison inter-annuelle).

Pour l'ensemble des 2 hivers, l'analyse des 216 pelotes de régurgitation a permis l'identification de 3.277 poissons appartenant à 14 espèces différentes. Le régime alimentaire se compose essentiellement de cyprins, qui constituent en effet les deux tiers des proies de l'oiseau (Tableau 1). Parmi ceux-ci, le Gardon (*Rutilus rutilus*) (33,9 %) et le Goujon (*Gobio gobio*) (24,2 %) représentent à eux seuls quelque 58,1 % de l'alimentation. Viennent ensuite les Percidés, avec principalement la Grémille (*Gymnocephalus cernuus*) (16,9 %) et la Perche (*Perca fluviatilis*) (11,8 %). Seule l'Anguille (*Anguilla anguilla*), capturée uniquement à raison de 1,3 %, ne fait pas partie de ces deux grandes familles.

Lorsque l'on se penche sur la biomasse consommée (Tableau 1), on observe de grands change-

ments de proportions par rapport aux abondances relatives. Certaines espèces voient leurs proportions, en biomasse, augmentées. Ainsi, l'Anguille, que l'on ne retrouvait qu'à raison de 1,3 % dans les captures d'individus, est, en poids, une des espèces les plus importantes (14,5 % de la biomasse). C'est la conséquence du fait que les quelques individus pêchés sont tous de grande taille (entre 32,1 et 47,3 cm) et donc de biomasse importante. La contribution de la Perche est plus importante en terme de masse consommée qu'en terme de nombre d'individus, de grands spécimens ayant été consommés (ex. : 32,5 cm). A contrario, d'autres espèces, dont les abondances relatives étaient élevées, représentent une biomasse consommée plus faible. C'est le cas des Goujons (12,7 % de la biomasse) et des Grémilles (9,5 % de la biomasse), ces espèces étant effectivement représentées par des individus de petite taille et donc de faible biomasse.

L'occurrence relative de chaque espèce, c'est-à-dire la fréquence des pelotes dans lesquelles on les retrouve, quelle que soit leur contribution en nombre ou en poids dans le régime, est également une donnée importante des habitudes alimentaires du Grand Cormoran. C'est incontestablement le Gardon et le Goujon qui dominent.



Tableau 1 - Résultats de l'analyse du régime alimentaire du Grand Cormoran hivernant en Meuse, hivers 2001-02 et 2002-03 (216 pelotes) - Diet analysis of Great Cormorant wintering in the river Meuse, winters 2001-02 and 2002-03 (216 pellets).

	Proies		Biomasse		Occurrence (%)
	Nb	Fréq. (%)	absolue (g)	relative (%)	
Anguille, <i>Anguilla anguilla</i>	42	1,29	12.963	14,50	21
Brème commune, <i>Abramis brama</i>	5	0,16	227	0,25	3
Ablette commune, <i>Alburnus alburnus</i>	46	1,41	43	0,05	4
Brème bordelière, <i>Blicca bjoerkna</i>	12	0,37	2.252	2,52	4
Carpe commune, <i>Cyprinus carpio</i>	7	0,23	291	0,33	4
Goujon, <i>Gobio gobio</i>	793	24,20	11.325	12,67	77
Chevaine, <i>Leuciscus cephalus</i>	26	0,79	1149	1,29	11
Vairon, <i>Phoxinus phoxinus</i>	3	0,10	43	0,05	0
Gardon, <i>Rutilus rutilus</i>	1.112	33,93	25.427	28,45	82
Rotengle, <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	11	0,35	876	0,98	6
Ablette / Rotengle, <i>Alburnus / Scardinius</i>	15	0,47	203	0,23	2
Cyprinidé indét., <i>Cyprinidae</i>	239	7,30	3.239	3,62	29
Grémille, <i>Gymnocephalus cernuus</i>	555	16,92	8.459	9,46	35
Perche commune, <i>Perca fluviatilis</i>	386	11,77	21.066	23,57	58
Sandre, <i>Stizostedion lucioperca</i>	24	0,73	1.817	2,03	8
TOTAUX	3.277	100	89.382	100	344

On voit également que la Perche (58 %) et l'Anguille (21 %) se retrouvent plus fréquemment dans la consommation de l'oiseau que ne pourrait le laisser penser leur abondance relative (Tableau 1). Le cas de la Grémille est intéressant. 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 quasi exclusive.

- Variation inter-annuelle

Avant de regrouper les résultats de l'analyse du régime alimentaire présentés ci-dessus, une comparaison, entre les deux périodes hivernales échantillonnées, de la composition des captures, en nombre et en biomasse, a été effectuée.

Une approche de la variation inter-annuelle des captures est faite par l'estimation de l'indice H'

de diversité de Shannon-Wiener (DAJOZ, 1996). Pour l'hiver 2001-02, H' est égal à 2,49, alors que sa valeur équivaut à 2,40 pour les échantillons de l'hiver 2002-03. Il ne semble donc pas y avoir de différence sensible dans la diversité de l'alimentation entre ces deux périodes hivernales. L'absence de variation entre les deux années est confirmée par une analyse statistique. Aucune différence significative n'est observée entre les deux saisons hivernales dans les abondances relatives des différentes espèces dans le régime alimentaire (G-test ; $G^2 = 8,6$; $p = 0,12$).

- Variation intra-annuelle

L'évolution des captures au cours de l'hivernage, c'est-à-dire la variation possible de la composition en espèces du régime est également un paramètre important. Pour tester l'influence du temps sur la diversité du régime alimentaire et sur l'abondance relative des principales espèces



consommées, des Anova 1 ont été utilisées (DAGNELIE, 1975). Nous avons choisi de restreindre cette analyse aux quatre espèces les plus consommées (Gardon, Goujon, Perche commune et Grémille) et ce, pour s'assurer d'un nombre d'échantillons suffisants.

Premièrement, l'analyse de l'évolution du nombre d'espèces retrouvées dans les pelotes en fonction de la date de pêche ne montre pas de variation significative dans la diversité du régime alimentaire au cours des deux périodes d'étude (Tableau 2). Le nombre moyen de proies varie fortement durant la saison hivernale (Fig. 2; min. : 2 individus; max. : 48 individus). Le nombre moyen de proies par pelote était, en 2001, de $16,4 \pm 12,2$ ind./pelote et, en 2002, de $17,3 \pm 12,8$ ind./pelote. La Figure 2 indique, pour les hivers 2001 et 2002, l'existence d'une forte variabilité individuelle, tous type de proies confondus, représentée par les écarts-types (barres verticales). A titre d'information, le poids moyen d'un Grand ormoron, quel que soit son sexe, est de 2.373 ± 291 g (d'après les caractéristiques de 72 oiseaux abattus durant les hivers 1997 et 1998 dans le département de la Moselle - COLLAS, 1998).

Ensuite, d'autres Anova 1, utilisées dans le but d'observer une éventuelle influence du temps sur le nombre de Gardons, Goujons et Grémille ne présentent aucune différence significative d'abondance relative (Tableau 2) que ce soit durant l'hiver 2001-02 ou l'hiver 2002-03, alors que pour la Perche commune, le test décèle une variation significative (Anova 1 : $F = 2,12$; $p = 0,04$) pendant la période hivernale de 2002 à 2003. Le nombre moyen de perches capturées passe de 1,5 ind./pelote, entre novembre 2002 et janvier 2003, à 5,4 ind./pelote, pour les mois de février et mars 2003.

- Structure de taille des proies consommées

La Figure 3 montre la distribution de fréquence des poissons ingérés, toutes espèces confondues,

dont la longueur a pu être rétro-calculée. Nous constatons que la plupart des proies consommées par le Grand Cormoran (90,1 %) ont une taille comprise entre 5 et 20 cm. Au delà de 20 cm, l'ensemble des proies ne représentent que 7,9 % de l'alimentation (en nombre de poissons consommés). D'ailleurs, il paraît évident que les individus de grande taille (> 35 cm), appartenant aux familles des Cyprinidés (ex. : Brèmes communes et bordelières, Gardons) et des Percidés (Perches communes), atteignent un gabarit (hauteur) excédant l'ouverture du bec, les rendant alors peu consommables. A l'inverse, des Anguilles, et autres poissons filiformes, de taille supérieure peuvent être ingérées par le Grand Cormoran. Une Anguille de 49,2 cm, pesant 225 g, a d'ailleurs été identifiée dans un de nos échantillons.

- Evaluation de la ration alimentaire journalière

A titre informatif, nous présentons une estimation de la ration alimentaire quotidienne moyenne basée sur l'analyse des pelotes de régurgitation. Il est reconnu que ce type d'estimation est sans doute biaisé par l'érosion des pièces osseuses et la production non quotidienne de pelotes (CARSS *et al.*, 1997). A partir de l'hypothèse de la production d'une pelote par jour (ZIJLSTRA & VAN EERDEN, 1995), pour les hivers 2001 et 2002, notre évaluation donne une moyenne de 412 g de poissons consommés par jour et par individu, avec des extrêmes de 54 à 900 g (moyenne 2001 : 401 ± 237 g/ind./j; moyenne 2002 : 423 ± 252 g/ind./j). La Figure 4 nous renseigne sur le poids quotidien moyen contenu dans les pelotes issues des deux périodes d'investigation. Il est impossible de montrer une quelconque évolution des biomasses consommées dans le temps. D'ailleurs, une Anova 1 a été réalisée, en fonction de chaque date de prélèvement, sur les rations alimentaires journalières déterminées à partir des pelotes de régurgitation. Les résultats sont présentés au Tableau 3.

Tableau 2 – Résultats des Anova à un critère de classification (date de prélèvement) réalisées sur le nombre d'espèces capturées, ainsi que sur les espèces Gardon, Goujon, Perche commune et Grémille – Results of Anova 1 test (classification by sample's date) for number of caught species, Roach, Gudgeon, Perch and Ruffe.

Anova 1	Degrés de liberté		F		p	
	01-02	02-03	01-02	02-03	01-02	02-03
Périodes hivernales						
Nombre d'espèces capturées	9	9	1,19	1,34	0,31	0,23
Gardon	9	9	0,8	0,72	0,61	0,69
Goujon	9	9	1,08	1,27	0,38	0,26
Perche commune	9	9	1,77	2,12*	0,09	0,04*
Grémille	9	9	1,22	1,13	0,29	0,35

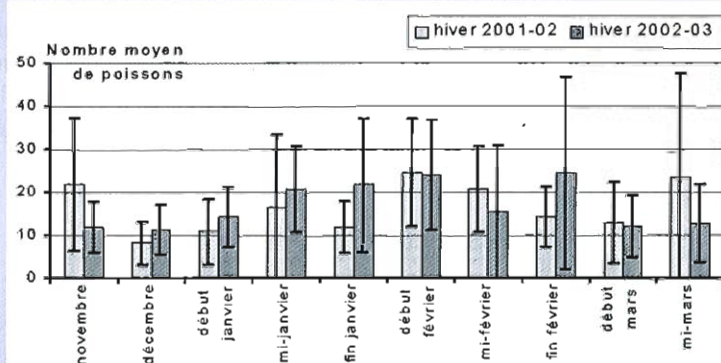


Fig. 2 - Evolution comparée du nombre moyen de proies dans les pelotes durant la période d'hivernage (hivers 2001-02 et 2002-03); les barres verticales représentent les écart-types – Comparised evolution of average prey number in pellet during wintering period (winters 2001-02 and 2002-03); Standard deviation is figured in vertical line.

Tableau 3 – Résultats des Anova à un critère de classification (date de prélèvement) réalisées sur la biomasse journalière estimée d'après les pelotes de régurgitation – Results of Anova 1 test (classification by sample's date) for daily biomass estimated by pellets analysis.

Anova 1	Degrés de liberté		F		p	
	01-02	02-03	01-02	02-03	01-02	02-03
Périodes hivernales						
Rations alimentaires journalières	9	9	0,68	0,64	0,72	0,69

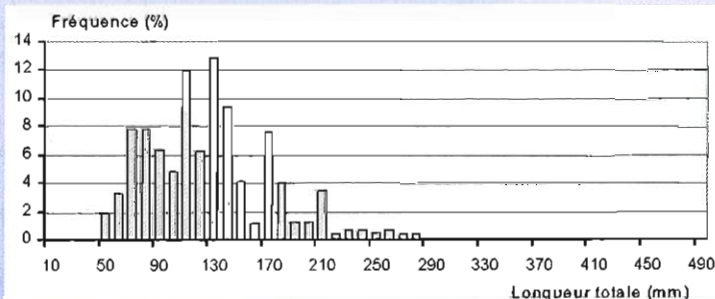


Fig. 3 - Distribution de fréquence de la longueur totale des proies consommées (216 pelotes, 3.277 poissons) – Prey fish total length frequency distribution (216 pellets, 3277 fishes).

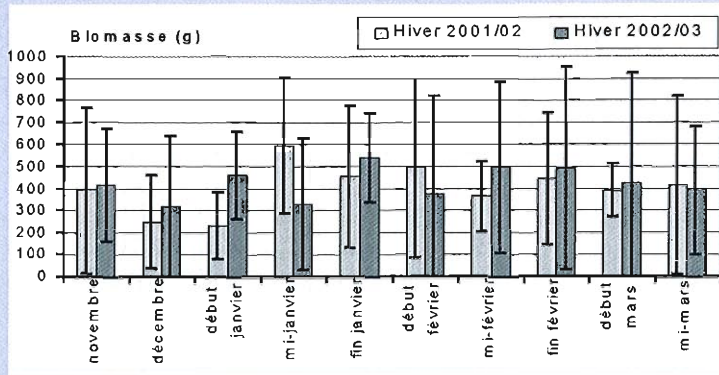


Fig. 4 - Evolution comparée du nombre moyen de proies dans les pelotes durant la période d'hivernage (hivers 2001-02 et 2002-03); les barres verticales représentent les écart-types - Comparised evolution of average prey number in pellet during wintering period (winters 2001-02 and 2002-03); Standard deviation is figured in vertical line.

2 - Sélectivité alimentaire

- Sélectivité spécifique

Afin de déterminer si le régime du Grand Cormoran reflète les populations ichthyologiques en présence (opportunisme) ou si, au contraire, celui-ci privilégie plutôt telle ou telle espèce (sélection), nous avons comparé son alimentation avec les proportions en fréquence des espèces peuplant les eaux de la Meuse. La sélectivité alimentaire peut être mise en évidence par l'indice de sélection S_i de CHESSON (1983).

Si nous comparons les proportions relatives des espèces dans le milieu mosan (Fig. 5) avec celles déterminées dans l'étude du régime alimentaire (Tableau 1), nous pouvons déterminer, premièrement, que le Grand Cormoran consomme quasi toutes les espèces présentes en Meuse, exception faite du Barbeau (*Barbus barbus*) et du Hotu (*Chondrostoma nasus*).

Ensuite, l'estimation des indices de sélectivité alimentaire selon la méthode de Chesson (Fig. 7) nous montre des tendances à une sélection significativement positive sur la Grémille, la Perche commune et le Goujon, alors que les espèces Brème commune, Brème bordelière, Ablette, Chevaine et Sandre semblent être délaissées (sélection négative significative). Les valeurs de l'intervalle de confiance à 95% donnée par le bootstrap indique, de plus, que la sélectivité est

significativement différente du seuil de non sélectivité de l'indice de Chesson. Le Grand Cormoran aurait donc, en Meuse, un régime alimentaire sélectif à l'exception des espèces comme l'Anguille et le Gardon.

- Sélectivité des tailles de proies consommées

Dans un même objectif, il est utile de prouver l'existence ou non d'une sélectivité des capture du Grand Cormoran sur les tailles des proies consommées. A cette fin, nous comparons les distributions de fréquence de taille des espèces les plus consommées (Gardon, Goujon, Grémille et Perche commune) avec celles de ces mêmes espèces dans le milieu de capture. Cette comparaison est réalisée par un test de Kolmogorov-Smirnov (SIEGEL & CASTELLAN, 1983; KANJI, 1993).

A partir des distributions de fréquence de taille (Fig. 7 à 10) établies, d'une part, pour les 4 espèces présentes en Meuse et, d'autre part, pour ces espèces retrouvées dans les pelotes régurgitées, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence (Tableau 4). Il n'apparaît donc pas statistiquement de décalage entre les distributions de fréquence de taille, que ce soit pour le Gardon, le Goujon, la Grémille ou la Perche commune. Les tailles consommées semblent correspondre aux tailles les plus présentes dans le milieu.

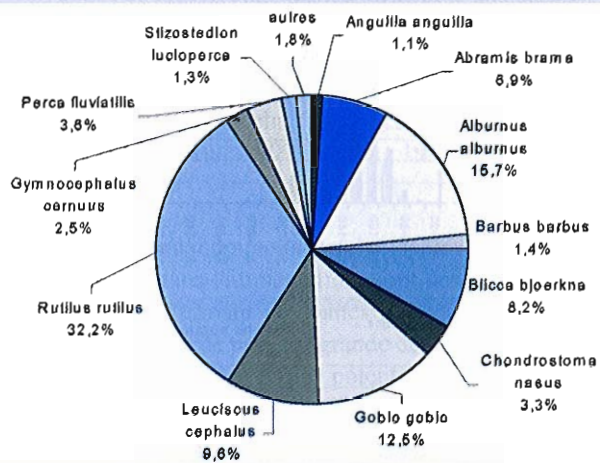


Fig. 5 - Abondance relative moyenne des différentes espèces ichthyologiques en Meuse namuroise pour les années 1998-2000 (GOFFAUX et al., 2001).

- Relative abundance of fish species in the River Meuse from 1998 to 2000 (GOFFAUX et al., 2001).

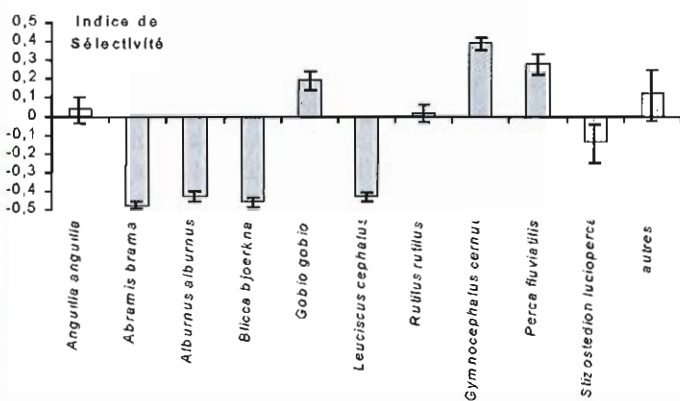


Fig. 6 - Indice de sélection de Chesson pour les différentes espèces-proies, en nombre, du Grand Cormoran en Meuse namuroise et intervalles de confiance à 95 % - Chesson's selectivity index for prey species numbers of Great Cormorant wintering in River Meuse and 95 % confidence intervals.

Tableau 4 - Résultats du Test de Kolmogorov-Smirnov (D = différence maximum entre les distributions cumulatives; p = probabilité) - Results of KS-test (D = maximum difference between the cumulative distributions; p = likelihood).

Test Kolmogorov - Smirnov		
	D	p
Gardon	0,13	0,94
Goujon	0,15	0,93
Grémille	0,06	0,99
Perche	0,17	0,76



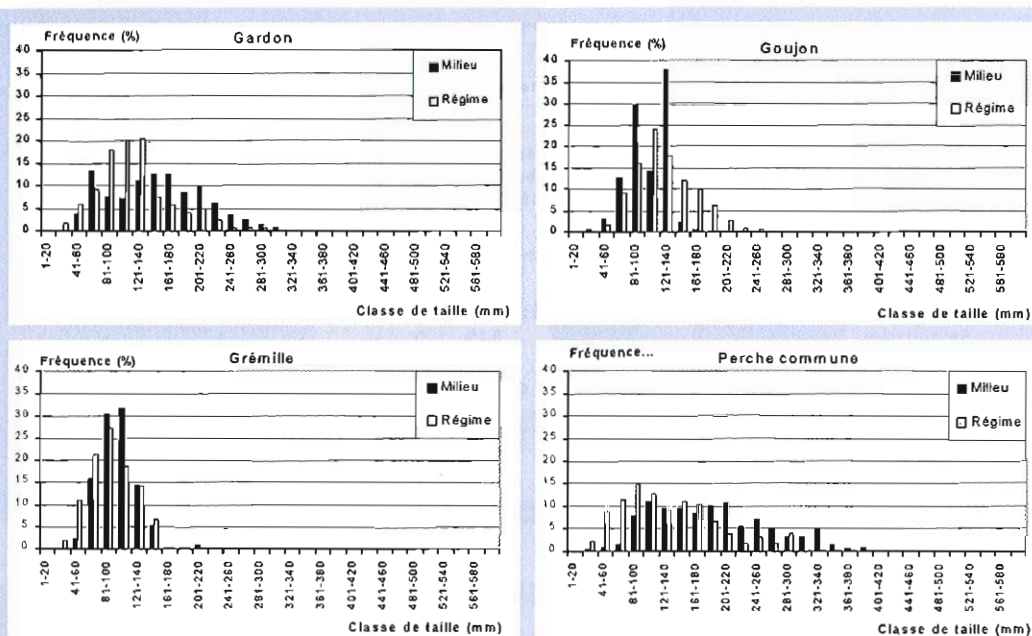


Fig. 7-10 - Distributions de fréquences de tailles de quatre espèces dans le régime alimentaire et dans le milieu de référence – Size distribution of the four main species of the cormorant's diet in the river Meuse.

Discussion

Cette étude fournit les premières informations sur le régime du Grand Cormoran en Haute-Meuse belge, à partir de pelotes de régurgitation récoltées durant l'hivernage des oiseaux.

Régime alimentaire

Les données collectées durant cette étude apportent des précisions sur le régime alimentaire, d'après l'analyse des pelotes de régurgitation :

- 4 espèces dominent dans le régime du Grand Cormoran hivernant sur le site de Vas-t'y-Frotte : le Gardon, le Goujon, la Grémille et la Perche commune;
- aucune différence significative n'est observée dans l'abondance relative des différentes espèces entre les deux périodes hivernales d'échantillonnage;

- aucune variation intra-annuelle n'apparaît dans le nombre d'espèces retrouvées dans les pelotes. Le nombre moyen de proies par pelote est estimé à 17 ind./pelote. Par contre, le nombre de Perches communes retrouvées par pelote, durant l'hiver 2002/03 subit une variation significative. Leur nombre semble augmenter fortement vers la fin de l'hiver, ce qui n'est pas le cas des autres espèces principalement consommées (Gardon, Goujon et Grémille);

- les individus principalement consommés appartiennent à une gamme de tailles allant de 5 à 20 cm.

L'abondance du Gardon dans le régime alimentaire s'explique très facilement pour les cormorans de Vas-t'y-Frotte. Une partie de ceux-ci pêchent en effet en Meuse où ce poisson est l'espèce la plus fréquemment rencontrée

(GOFFAUX *et al.*, 2001; EVRARD & MICHA, 2003). Or, cet oiseau prédateur est connu pour se nourrir principalement d'espèces caractérisées par de fortes densités, un turnover rapide et une forte productivité en milieu eutrophe (ZUNA-KRATKY & MANN, 1995; MARION, 1997; SUTER, 1997; LEOPOLD *et al.*, 1998).

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 menées sur les eaux intérieures françaises (MARION, 1997; LIBOIS, 2001) et suisses (SUTER, 1997).

L'abondance des Grémilles, poissons benthiques et solitaires (COWX, 1999), dans les captures requiert un autre type d'explication. Le Grand Cormoran pratique deux modes de pêche : la pêche en groupe et la pêche en solitaire (VAN DOBBEN, 1995; VAN EERDEN & VOSLAMBER, 1995). Alors que la pêche en groupe, 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 (VOSLAMBER *et al.*, 1995). Cette capacité de passer d'une pêche pélagique à une pêche benthique est inhabituelle chez les oiseaux pêcheurs, mais permet à l'oiseau d'exploiter un spectre plus étendu de proies (GRÉMILLET *et al.*, 1999). 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 le rapport taille de ces poissons et bec de l'oiseau. Si les Chevaines sont souvent de trop grande taille pour ce prédateur, et donc difficiles à capturer, la forme trapue des Brèmes les rend peu propices à l'ingestion (VELDKAMP, 1995). En ce qui concerne le Barbeau et le Hotu, absents du régime, il est important de noter que des restes osseux de ces espèces peuvent faire partie de la classe Cyprinidés indéterminés. Cependant des structures spécifiques auraient dû être retrouvées (dents pharyngiennes, os dentaires et maxillaires) (LIBOIS & HALLET-LIBOIS, 1988). D'ailleurs, d'après GOFFAUX et ses collaborateurs (2001), les représentants de ces deux espèces en Meuse montrent une structure de taille avec des individus assez grands, ce qui pourrait expliquer leur absence dans l'alimentation du Grand Cormoran. Notons également l'existence possible de biais dans l'échantillonnage des plus petits individus de ces espèces lors des pêches expérimentales (COWX, 1990 & 1991).

La structure de taille des proies consommées est également un facteur important. 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; LIBOIS, 2001). En fait, la probabilité de capture d'un individu d'une espèce donnée dépend du nombre de spécimens de 5 à 20 cm au sein de cette espèce. L'importance de cette classe de longueur dans le régime s'explique, tout d'abord, par une abondance plus importante, dans les populations de poissons, des petites classes de taille par rapport aux grands spécimens (GOFFAUX *et al.*, 2001; EVRARD & MICHA, 2003). Ensuite, intervient la restriction de taille des proies imposée par la relation entre l'ouverture du bec de l'oiseau et le





gabarit des individus de certaines espèces (les proies longiformes, comme l'Anguille, peuvent atteindre des tailles très importantes). Enfin, la capacité moindre des individus les plus petits à esquiver un prédateur peut augmenter leur consommation.

Une estimation de la biomasse journalière moyenne consommée a été réalisée d'après les pelotes récoltées. Elle est de 412 g/ind./j et correspond aux valeurs moyennes reprises dans la littérature et provenant de l'analyse de pelotes de régurgitation, celles-ci variant de 245 à 435 g (MARION, 1997; PRIVILEGGI, 2003). Cependant, il est connu que cette méthode d'estimation de la consommation journalière souffre de défauts (CARSS *et al.*, 1997). Notre évaluation est donc sujette à critique. Une évaluation parallèle de la prise quotidienne en nourriture peut être réalisée par l'utilisation d'un modèle bio-énergétique. Ce modèle, élaboré par GRÉMILLET et ses collaborateurs (2003), se base sur des données comportementales, énergétiques et environnementales pour estimer une biomasse consommée, par jour, en période hivernale. D'après les renseignements énergétiques du modèle (GRÉMILLET *et al.*, 2003), l'étude de l'utilisation du temps réalisée par DORMAL (2003) et les températures de l'eau, à Tailfer, fournies par la Cibe, nous arrivons à une valeur moyenne de 618 g/ind./j. Cette estimation est sensiblement supérieure à celle provenant de l'analyse des pelotes de régurgitation.

Sélectivité alimentaire

Malgré le fait que la quasi totalité des espèces présentes en Meuse puissent être capturées par le Grand Cormoran, elles ne le sont pas de la même façon :

- une sélectivité alimentaire positive, c'est-à-dire une préférence, apparaît, par ordre d'importance, pour la Grémille, la Perche commune et le Goujon;
- une sélectivité négative, c'est à dire un évitement, est constaté pour la Brème commune, la

Brème bordelière, le Chevaîne et, dans une moindre mesure, pour le Sandre;

- le Gardon et l'Anguille sont consommés dans une proportion identique à celle du milieu;
- Pour les quatre espèces les plus consommées (Gardon, Goujon, Perche commune et Grémille), aucune sélectivité n'apparaît pour les classes de taille capturées.

Les divergences de proportions des espèces de poissons observées entre le régime alimentaire du Grand Cormoran et le milieu nécessitent réflexion.

Tout d'abord, une série de biais viennent en effet entacher nos estimations. Premièrement, les otolithes et autres structures calcaires fragiles, peuvent être totalement érodées. Certaines classes de tailles ou même certaines espèces ont, par conséquent, pu être négligées (JOHNSTONE *et al.*, 1990; DIRKSEN *et al.*, 1995; ZIJLSTRA & VAN EERDEN, 1995; LEOPOLD *et al.*, 1998). Il semble, par ailleurs, peu probable que les petites structures osseuses aient pu traverser les mailles du tamis (595 microns). En ce qui concerne les Ablettes, pourtant grégaires et pélagiques, leur présence discrète dans le régime peut être sans doute due à la reconnaissance délicate de ses structures osseuses. Deuxièmement, l'hypothèse de la production quotidienne d'une pelote est discutée (CARSS *et al.*, 1997). Il a été prouvé que les jeunes individus ne produisent pas de pelote tous les jours (LEOPOLD *et al.*, 1998). D'ailleurs, TRAUTTMANSBORFF & WASSERMANN (1995) ont évalué la production de pelotes à un taux de 0,87 pelotes par oiseau et par jour. Elle peut descendre à 0,36 pelotes chez certains individus certains jours (MCKAY *et al.*, 2003). Il existe également des preuves de régurgitation différée où une pelote comprend les restes osseux de poissons consommés sur plus de 24 h (MARION, 1997). Troisièmement, l'évaluation des peuplements ichtyologiques présents en Meuse namuroise comporte également son lot d'imprécisions. Les engins de pêche (filets maillants et électricité) ne sont pas entièrement représentatifs de toute la



colonne d'eau mais sont plutôt sélectifs (GOFFAUX *et al.*, 2001). 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 aux filets.

En conséquence, nos conclusions doivent être mesurées. La sélectivité négative à l'encontre de proies, telles que les Brèmes est évidente, puisqu'elles sont quasi absentes du régime. Par contre, il est possible que les préférences, marquées pour la Grémille, la Perche et le Goujon, ne représentent pas tout à fait la réalité. Leurs proportions dans le milieu peuvent être mésestimées. Cependant, nous ne négligeons pas que la découverte de pelotes exclusivement composées de restes de Grémilles présuppose une sélectivité de l'oiseau. La chasse ne se ferait donc pas aléatoirement et, pour certains individus, une tactique de pêche particulière pourrait prévaloir. Notre hypothèse est que des cormorans se seraient spécialisés dans leur recherche de nourriture sur le fond, et que leur choix se porteraient, parmi les espèces benthiques, sur la Grémille. Pour la Perche, l'augmentation significative des captures durant l'hiver 2002/03 renfor-

ce le caractère sélectif de la recherche de nourriture chez le Grand Cormoran en fin d'hivernage.

Nous privilégierions donc l'hypothèse que *P. c. sinensis* applique une sélectivité vis-à-vis de l'espèce ichthyologique-même, de par la morphologie des proies, mais également vis-à-vis de l'habitat et du mode de vie de ces poissons (DIRKSEN *et al.*, 1995; SUTER, 1997). Il serait d'ailleurs intéressant de mener une étude identique avec des oiseaux occupant le cours supérieur de rivières et y chassant en totalité ou en partie et ce, afin de vérifier la validité de cette hypothèse.

REMERCIEMENTS - Ce travail a été mené grâce au soutien financier du Fonds pour la Formation à la Recherche dans l'Industrie et l'Agriculture (F.R.I.A.). Les auteurs tiennent particulièrement à remercier André Evrard pour son aide à la récolte des pelotes, l'Ecole du Génie de Jambes pour leur autorisation de circuler librement sur l'île et tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à l'analyse pratique et théorique des pelotes de ce prédateur exclusivement piscivore.

SUMMARY - Study of the diet and food-selectivity of the Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) wintering in belgian high-Meuse.

The settlement of a new wintering population of Great Cormorant along the river Meuse brought about some anxiety in angler community. Consequently, we have decided to study diet and selectivity of the predator fish consumption of fish by pellets analysis. Proportions of fish species, in number and biomass, were determined. During wintering periods, four species (Roach, Gudgeon, Perch and Ruffe) were mainly consumed. Size of prey ranged between 50 to 200 mm (for 90 %). The diet seems to be stable between

the two studied periods, and intra-annual variation occur for Perch in winter 2002/03. A positive selectivity was proved for Ruffe, Perch and Gudgeon, whereas Breams and Chub were avoided. Roach and Eel were consumed as the same proportion than in the river Meuse. None selectivity appear for size classes caught. The preference are probably due to the adaptation of birds to morphological shape, habitat use and behaviour of fish species living in the river during winter.



Bibliographie

- BACCETTI, N., BOLDREGHINI, 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.
- BRENNBALLE, T., ENGSTRÖM, H., VAN EERDEN, M.R., VAN RIJN, S., KIECKBUSCH, J.J. & ESKILSEN, J. (2003) : Development of the breeding population of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* in The Netherlands, Germany, Denmark and Sweden during the 1990s. *Vogelwelt*, 124, Suppl. : 15 - 26.
- CARSS, D.N. & MARQUISS, M. (1995) : *Fish-eating birds : Perceptions and Realities*. British Trout Farming Conference, Sparholt.
- CHESSON, J. (1983) : The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging model. *Ecology*, 64 : 1297 - 1304.
- CLOTUCHE, E. & SCHAEKEN, P. (1991) : Evolution récente du statut du Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo*) en Meuse liégeoise. *Aves*, 28 : 223 - 225.
- COLLAS, M. (1998) : *Approche du régime alimentaire du grand cormoran (Phalacrocorax carbo)*. Rivières : Marne, Saulx et Moselle. Hiver 1997/1998. Conseil Supérieur de la Pêche, Metz.
- COWX, I.G. (1990) : *Developments in electric fishing*. Fishing News Books, Oxford.
- COWX, I.G. (1991) : *Catch effort sampling strategies : their application in freshwater fisheries management*. Fishing News Books, Oxford.
- COWX, I.G. (1999) : *Factors influencing coarse fish populations in lowland rivers, literature review*. Environment Agency R&D Report, Bristol.
- DAGNELIE, P. (1975) : *Théorie et méthodes statistiques. Application agronomiques. Volume II : Les méthodes de l'inférence statistique*. Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux.
- DAJOZ, R. (1996) : *Précis d'Ecologie*. Dunod, Paris.
- DIRKSEN, S., BOUDEWIJN, T.J., NOORDHUIS, R. & MARTEIJN, 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.
- DORMAL, F. (2003) : *Etude de l'occupation de l'espace et du rythme d'activité du Grand Cormoran, Phalacrocorax carbo sinensis Blum., hivernant en Meuse moyenne*. Mémoire de Licence en Sciences Biologiques, F.U.N.D.P., Namur.
- EFRON, B. & TIBSHIRANI, R.J. (1993) : *An introduction to the bootstrap*. Chapman and Hall, New-York.
- EVARD, G. & MICHA, J.-C. (2003) : *Dynamique de population du Gardon en Meuse namuroise après arrêt des repeuplements*. Presses Universitaires de Namur, Namur.
- FELTHAM, M.J., DAVIES, J.M., WILSON, B.R., HOLDEN, T., COWX, I.J., 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, London.
- 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)*. Fédération Sportive des Pêcheurs Francophones de Belgique, Bruxelles.
- 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, Namur.
- GOYON, H. (1993) : Pisciculture et cormoran en Brenne. *Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse*, 178 : 12 - 15.
- GRÉMILLET, D., WILSON, R.P., STORCH, S. & GARY, Y. (1999) : Three-dimensional space utilization by a marine predator. *Marine Ecological Progress Series*, 183 : 263 - 273.
- GRÉMILLET, D., WRIGHT, G., LAUDER, A., CARSS, D. & WANLESS S. (2003) : *Modelling the daily food requirements of wintering great cormo-*



- rants : a bioenergetics tool for wildlife management. *Journal of Applied Ecology*, 40 : 266-277.
- HÄRKÖNEN, T. (1986) : *Guide to otoliths of the bony fishes of the Northeast Atlantic*. Danbiu ApS, Copenhagen.
- JACOB, J.-P., GÉRARD, P., DELVINGT, W. & JADOUL, G. (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), Jambes.
- JOBLING, M. & BREIBY, A. (1986) : The use and abuse of fish otoliths in studies of feeding habits of marine piscivores. *Sarsia*, 71 : 5-11.
- 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.
- KANJI, G.K. (1993) : *100 statistical tests*. Sage, London.
- KELLER, T. (1995) : Food of cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* wintering in Bavaria, Southern Germany. *Ardea*, 83 (1) : 185-192.
- KENNEDY, G.J.A. & GREER, J.E. (1988) : Predation by cormorants *Phalacrocorax carbo* on the salmonid populations of an Irish River. *Aquatic Fisheries Management*, 19 : 159-170.
- LEOPOLD, 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 Fish Research*, 40 : 93-107.
- LEOPOLD, 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, Amsterdam.
- LIBOIS, R. (2001) : Aperçu du régime alimentaire du grand cormoran (*Phalacrocorax carbo*) dans les eaux intérieures du Pas-de-Calais (France). *Aves*, 38 : 49-59.
- LIBOIS, R.M., HALLET-LIBOIS, C. & ROSOUX, R. (1987) : Eléments pour l'identification des restes crâniens des poissons dulçaquicoles de Belgique et du nord de la France. I. Anguilliformes, Gastérostéiformes, Cyprinodontiformes et Perciformes. *Fiches d'Ostéologie animale pour l'Archéologie* Série A, n°3, Centre de Recherches Archéologiques du CNRS, Juan-les-Pins.
- LIBOIS, R.M. & HALLET-LIBOIS, C. (1988) : Eléments pour l'identification des restes crâniens des poissons dulçaquicoles de Belgique et du nord de la France. II. Cypriniformes. *Fiches d'Ostéologie animale pour l'Archéologie*. Série A, n°4. Centre de Recherches Archéologiques du CNRS, Juan-les-Pins.
- LOLY, P. & JACOB, J.-P. (1997) : Recensements hivernaux des oiseaux d'eau en Wallonie et à Bruxelles : 1997-1998. *Aves*, 34 : 225-234.
- MANLY, B.F.J. (1997) : *Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in Biology*. Chapman and Hall, New-York.
- MARION, L. (1997) : Le grand cormoran en Europe : dynamique des populations et impacts. Pages 133-178 in : *Oiseaux à risques en villes et en campagne*. INRA éditions, Paris.
- MARION, L. (2003) : Recent development of the breeding and wintering population of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* in France - Preliminary results of the effects of a management plan of the species. *Vogelwelt*, 124, Suppl. : 35-39.
- MARTINCOVA, R. & MUSIL, P. (2003) : Current status of the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* in the Czech Republic: numbers, distribution and management plan. *Vogelwelt*, 124, Suppl. : 41-47.
- 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, Lausanne.
- MCKAY, H.V., ROBINSON, K.A., CARSS, D.N., & PARROTT, D. (2003) : The limitations of pellet analysis in the study of cormorant *Phalacrocorax* spp. diet. *Vogelwelt*, 124, Suppl. : 227-236.
- MELLIN, M. & MIROWSKA-IBRON, I. (2003) : Population trends of the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* in NE Poland (1993-1999). *Vogelwelt*, 124, Suppl. : 49-52.
- MOERBECK, D.J., VAN DOBBEN, W.H., OSIECK, E.R., BOERE, G.C. & BUGENBERG, DE JONG,



- C.M. (1987) : Cormorant damage prevention at a fish farm in The Netherlands. *Biological Conservation*, 39 : 23 - 38.
- MOUS, P.J. (2000) : *Interactions between fisheries and birds in IJsselmeer, The Netherlands*. Thesis Wageningen Universiteit.
- 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. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences*, 54 : 1569 - 1584.
- PALM, R. (2002) : Utilisation du bootstrap pour les problèmes statistiques liés à l'estimation des paramètres. *Biotechnologie, agronomie, société et environnement* 6 (3) : 143-153.
- PAQUET, J.Y. (2000) : Faut-il avoir peur du Viking Noir? Le Grand cormoran en Wallonie. *Parcs et réserves*, 55 : 16 - 19.
- PAQUET, J.Y. (2001) : La problématique "Cormoran" en Wallonie et en Europe : vieux démons, nouvelles solutions? *Aves Contact*, 6 : 2 - 5.
- PAQUET, J.Y., DERMIEN, F., LACROIX, P., LUCAS, P. & POURIGNAUX, F. (2003) : Year-to-year site-fidelity of wintering Great Cormorants *Phalacrocorax carbo* in the Belgian Meuse valley. *Vogelwelt*, 124, Suppl. : 53 - 60.
- PARZ-GOLLNER, R. (2003) : Monitoring the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* in Lower Austria (1996-2000): phenology, regional distribution and control actions. *Vogelwelt*, 124, Suppl. : 61 - 69.
- 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.
- PRIVILEGGI, N. (2003) : Great Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* wintering in Friuli-Venezia Giulia, Northern Adriatic : specific and quantitative diet composition. *Vogelwelt*, 124, Suppl. : 237 - 243.
- 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.
- SIEGEL, S. & CASTELLAN, N. (1988) : *Nonparametric statistics for the behavioural sciences*. MacGraw-Hill, New-York.
- 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 : 20 - 22.
- SUTER, W. (1991) : Food and feeding of cormorants *Phalacrocorax carbo* wintering in Switzerland. Pp 156 - 165 in : *Proceedings workshop 1989 on cormorants Phalacrocorax carbo*. Rijkswaterstaat Directorate Flevoland, Lelystad.
- SUTER, W. (1997) : Roach rules : shoaling fish are a constant factor in the diet of Cormorants *Phalacrocorax carbo* in Switzerland. *Ardea*, 85 : 9 - 27.
- TARBE, A.-L. (2002) : *Etude du régime alimentaire du grand cormoran, Phalacrocorax carbo sinensis Blum., hivernant dans le bassin mosan belge*. Mémoire de Licence en Sciences Biologiques, F.U.N.D.P., Namur.
- TRAUTTMANSDORFF, J. & WASSERMANN, G. (1995) : Number of pellets produced by immature cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis*. *Ardea*, 83 : 133 - 134.
- TROLLET, B. (1999) : Répartition et effectifs du grand cormoran (*Phalacrocorax carbo*) en Europe. *Gibier Faune Sauvage*, 16 : 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.
- ULENAERS, P., DEVOS, K. & JACOB, J.-P. (1997) : Evolution of wintering and breeding Cormorants (*Phalacrocorax carbo sinensis*) in Belgium. *Proceedings Fourth European Conference on Cormorants, Bologne 1-3 novembre 1995. Supplemento alle Ricerche di Biologia della Selvaggina*, 26 : 55 - 60.
- 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. (2002) : Actes du colloque européen sur le Grand Cormoran. Strasbourg 12-13 mars 2002, en prép.



- 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., KOFFIJBERG, K. & PLATTEUW, 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.
- VELDKAMP, R. (1994) : Voedselkeus van Aalschovers *Phalacrocorax carbo sinensis* in Noordwest-Overijssel, The Netherlands. Bureau Veldkamp, Steenwijk.
- VELDKAMP, R. (1995) : The use of chewing pads for estimating the consumption of cyprinids by cormorants *Phalacrocorax carbo*. *Ardea*, 83 : 135 - 138.
- VELDKAMP, R. (1995) : Diet of Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* at Winneperveen, The Netherlands, with special reference to Bream *Abramis brama*. *Ardea*, 83 : 143-155.
- VOLPONI, S. & ADDIS, P. (2003) : Great Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* in two key Italian wintering areas. *Vogelwelt*, 124, Suppl. : 93 - 98.
- VOSLAMBER, B., PLATTEUW, M. & VAN EERDEN, M. (1995) : Solitary foraging in sand pits by breeding cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* : does specialised knowledge about turbid environment. *Ardea*, 83 : 213-222.
- WARKE, G.M.A. & DAY, K.R. (1995) : Changes in abundance of cyprinid and percoid prey affect rate of predation by cormorants *Phalacrocorax carbo carbo* on salmon *Salmo salar* smolt in Northern Ireland. *Ardea*, 83 : 157 - 166.
- 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.

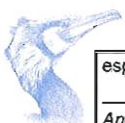
Geoffroy EVRARD
Anne-Laure TARBE

Unité de Recherches en Biologie des Organismes
Facultés Universitaires N-D de la Paix
Rue de Bruxelles, 61
B-5000 Namur

Geoffroy.Evrard@fundp.ac.be
Anne-Laure.Tarbe@fundp.ac.be

Annexe (page suivante) - Pièces caractéristiques et équations utilisées pour chaque espèce de poisson lors de l'analyse des pelotes de régurgitation.

LT = longueur totale (mm); LF = longueur à la fourche (mm); OL = longueur otolithe (mm); OPL = longueur opercule (mm); BOL = longueur os basioccipital (mm); CL = longueur plaque masticatrice (mm); DL = longueur dentaire (mm); PL = longueur dent pharyngienne (mm); ML = longueur maxillaire (mm); LPO = longueur os pré-operculaire (mm); PML = longueur pré-maxillaire (mm); r = coefficient de corrélation; n = nombre d'individus dans l'échantillon.



espèce	structure caractéristique	équation	r	n	source
<i>Anguilla anguilla</i>	otolithe	$LT=(19,37*OL-6,82)*10$	0,97	170	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
	opercule	$LT=(3,677*OPL+1,938)*10$	0,99	61	LIBOIS <i>et al.</i> , 1987
	os basioccipital	$LT=(9,246*BOL-6,342)*10$	0,99	62	LIBOIS <i>et al.</i> , 1987
<i>Abramis brama</i>	otolithe	$LT=(8,71*OL-2,82)*10$	0,91	93	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
	plaque masticatrice	$LT=(3,34+4,50*CL)*10$	0,88	51	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
	dentaire	$LT=19,016*DL-1,893$			LIBOIS & HALLET-LIBOIS, 88
<i>Alburnus alburnus</i>	otolithe	$LF=49,206*OL+26,794$	0,82	10	VELDKAMP, 1994
	dent pharyngienne	$LF=23,488*PL+1,674$	0,89	10	VELDKAMP, 1994
	plaque masticatrice	$LF=45,924*CL-2,973$	0,87	8	VELDKAMP, 1994
<i>Blicca bjoerkna</i>	otolithe	$LT=(6,83*OL)*10$		34	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
	plaque masticatrice	$LT=(7,34+2,66*CL)*10$			LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
	dent pharyngienne	$LT=(1,90*PL)*10$		36	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
<i>Chondrostoma nasus</i>	otolithe	$LT=75,714*OL+13,143$	0,91	10	col. de référence
	dent pharyngienne	$LT=18,573*PL+13,247$	0,93	10	col. de référence
<i>Cyprinus carpio</i>	otolithe	$LT=(8,85*OL-5,31)*10$	0,96	61	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
	plaque masticatrice	$LT=(3,41*CL-2,58)*10$	0,94	65	
<i>Gobio gobio</i>	otolithe	$LT=(8,04*OL)*10$		11	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
	dent pharyngienne	$LT=(2,03*PL)*10$		10	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
<i>Leuciscus cephalus</i>	otolithe	$LT=139*OL-320,5$	0,98	10	col. de référence
	plaque masticatrice	$LT=35*CL+48,667$	0,76	10	col. de référence
	dent pharyngienne	$LT=(16,864*PL)*0,935$	0,98	26	RADKE <i>et al.</i> , 2000
	dentaire	$LT=14,711*DL-25,737$	0,85	10	col. de référence
	maxillaire	$LT=17,5*ML-91,333$	0,77	10	col. de référence
<i>Phoxinus phoxinus</i>	otolithe	voir goujon			
<i>Rutilus rutilus</i>	plaque masticatrice	$LT=(3,86+2,13*CL)*10$	0,85	56	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
	dent pharyngienne	$LT=14,867*PL-1,517$	0,98	88	LIBOIS & HALLET-LIBOIS, 88
		$LT=(1,32+1,53*PL)*10$	0,91	71	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
	otolithe	$LT=(6,90*OL)*10$		71	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
	dentaire	$LT=30,983*DL-66,171$	0,98	14	col. de référence
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	maxillaire	$LT=24,017*ML-12,439$	0,99	14	col. de référence
	otolithe	$LT=(6,61*OL)*10$		29	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
	dent pharyngienne	$LF=15,046*PL+4,4352$	0,98	17	VELDKAMP, 1994
	plaque masticatrice	$LT=(3,48+2,79*CL)*10$	0,95	20	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
	dentaire	$LT=19,306*DL-11,567$	0,99	17	LIBOIS & HALLET-LIBOIS, 88
<i>Alburnus / Scardinius</i>	maxillaire	$LT=18,819*ML+2,486$	0,99	16	LIBOIS & HALLET-LIBOIS, 88
	plaque masticatrice	moyenne ablette et rotengle			
	dent pharyngienne	moyenne ablette et rotengle			
<i>Cyprinidae sp.</i>	otolithe	moyenne des cyprinidés			
<i>Gymnocephalus cernua</i>	os pré-operculaire	$LT=7,2051*LPO+17,372$	0,80	15	col. de référence
	otolithe	$LT=(1,98*OL)*10$		43	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
<i>Perca fluviatilis</i>	otolithe	$LT=(3,44*OL-2,54)*10$	0,88	57	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
	os pré-operculaire	$LT=7,742*LPO+15,368$	0,96	21	LIBOIS <i>et al.</i> , 1987
	dentaire	$LT=12,964*DL-1,2212$	0,98	12	col. de référence
	pré-maxillaire	$LT=16,435*PML-6,5816$	0,98	12	col. de référence
<i>Sander lucioperca</i>	pré-maxillaire	$LT=13,462*PML-28,231$	0,98	8	col. de référence
	dentaire	$LT=12,092*DL-29,051$	0,96	8	col. de référence
	otolithe	$LT=(4,85*OL-7,04)*10$	0,90	120	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	otolithe	$LT=(10,3*OL)*10$		13	LEOPOLD <i>et al.</i> , 2001
<i>Salmo salar</i>	otolithe	$LT=88,4*OL-45,1$	0,77	6	HÄRKÖNEN, 1986
<i>Salmo trutta fario</i>	otolithe	$LT=45,362*OL+15,684$	0,93	8	col. de référence
<i>Salvelinus fontinalis</i>	otolithe	$LT=107,9*OL-87,7$	0,94	6	HÄRKÖNEN, 1986
<i>Salmonidae sp.</i>	otolithe	moyenne des salmonidés			