Michaël LEYMAN, éco-pédagogue aux Cercles des Naturalistes de Belgique asbl

Photo : D. HUBAUT

Ce que disent *(et ne disent pas)* les pelotes de réjection

Beaucoup de naturalistes savent ce qu'est une pelote de réjection (également appelée pelote de régurgitation). Pour rappel, il s'agit d'une petite boule, souvent allongée, composée d'éléments non digérés (os, chitine, soies, graviers, etc.) présents en plus ou moins grandes quantités dans une gangue (composée de poils chez les rapaces) compactée et régurgitée par la plupart des espèces d'oiseaux. Beaucoup moins savent ce qu'elles contiennent exactement. Et encore moins ce que l'on peut déduire (ou non) d'un tel contenu.

Le but de cet article n'est pas d'apprendre « comment décortiquer des pelotes ? », ni « comment identifier les espèces qu'elles contiennent ? ». Pour cela, il existe de très bons ouvrages/articles d'identification. Citons, par exemple :

- CAUBLOT et al. (2010), CHALINE et al. (1976), CLESSE et al. (1997), QUERE (2011), LENGLET (1974), LIBOIS (1975) et sur www.afblum.be pour les micromammifères ;
- BAILON (1999) et CHARISSOU (1999) pour les anoures ;
- BROWN (2005), CUISIN (1989) et MORENO (1985 et 1986) pour les oiseaux et
- LENGLET (1975) pour les chauves-souris.

Ici, nous allons plutôt nous pencher sur l'interprétation faisant suite à l'identification des crânes et des mandibules.
La première partie de cet article va dresser une liste (probablement non exhaustive) des très nombreux « pièges » à éviter lorsque l'on veut connaître le régime alimentaire d'un prédateur et/ou la composition des espèces de micromammifères d'une région à partir de pelotes récoltées. La deuxième, présentera une démarche complète d'interprétation des contenus, telle que vous pourriez la vivre chez vous. Pour cela, nous allons décortiquer (au propre comme au figuré) trois lots de pelotes appartenant à trois espèces différentes, tous récoltés entre 2017 et 2018 aux alentours d'un village de Wallonie (Bailièvre, commune de Chimay).

PARTIE 1 : LES LIMITES DANS LA GÉNÉRALISATION ET L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Les données de proies trouvées dans les pelotes sont parfois utilisées par certains auteurs pour faire des généralités sur le régime alimentaire d'une espèce prédatrice. Pourtant, même avec de grandes quantités de pelotes analysées, cela n'est pas toujours possible. Il est tout aussi trompeur de croire que l'on va pouvoir déterminer les densités des espèces de micromammifères d'une région (et leurs évolutions au cours du temps) par la même méthode.

En effet, il existe des facteurs qui vont influencer les espèces que l'on va pouvoir identifier dans les pelotes (et leur fréquence). Ils peuvent survenir en amont de l'ingurgitation des proies par le prédateur (chapitre 1), entre celle-ci et l'expulsion des pelotes (chapitre 2) ou après (chapitre 3).

1. EN AMONT DE L'INGURGITATION

1.1 L'ESPÈCE-PRÉDATRICE

Tous les producteurs de pelotes ne chassent pas les mêmes proies. La première question que l'on doit se poser lors d'une récolte est donc : qui a produit cette pelote ? La réponse à cette question est parfois très compliquée lorsque l'on ne trouve qu'une ou deux pelotes au sol sous un perchoir et en l'absence d'une observation visuelle de l'oiseau « dépositaire ». Glue (1971)[1] signale qu'au moins 330 espèces appartenant à 60 familles en produisent en Europe ! Chez nous, outre les rapaces nocturnes et diurnes, nous pouvons citer, pour les plus connues, les pies-grièches, le martin-pêcheur, la plupart des corvidés, la mouette rieuse et les goélands. Clesse et al. (1997) ont réalisé un tableau signalant les caractéristiques visuelles des pelotes pour 28 espèces d'oiseaux et Brawn et al. (2005) en décrivent pour 29 espèces. Retenez que pour identifier une pelote, il faut prendre note de sa taille (plus l'oiseau est gros, plus il a un gros œsophage, plus la pelote l'est également), de sa forme, de sa couleur, des éléments qui la constituent et de l'endroit où on l'a trouvée.

Une fois l'espèce prédatrice connue, on peut avoir un bon a priori sur ce que va contenir ses pelotes. Les livres de Paul Geroudet sur les rapaces sont une bonne source d'informations sur leur régime alimentaire et sur les contenus identifiés lors d'études sur de grands nombres de pelotes. Cela nous apprend, par exemple, que le hibou moyen-duc évite les musaraignes car elles possèdent des glandes qui leur confèrent un goût particulier. Ou que l'effraie des clochers ne chasse que dans des milieux ouverts et ne rencontre que rarement certaines espèces de proies liées aux forêts, contrairement à la chouette hulotte. Ou que le grand-duc d'Europe peut chasser des proies de grande taille, tel les lagomorphes, les colombidés, les chats et les renardeaux ; ce que ne peuvent faire la plupart des autres oiseaux d'Europe de l'Ouest.

Les habitudes de chaque espèce dans la préparation de la proie vont également déterminer la quantité d'os présents dans les pelotes. Les rapaces nocturnes les avalent entières dans 90 % des cas. À l'opposé, le faucon crécerelle retire presque systématiquement la tête de sa proie avant de l'ingérer.

Deux espèces-prédatrices, même si elles fréquentent le même lieu, ne captureront pas les mêmes espèces-proies et ne prépareront pas celles-ci de la même manière.

N° 1. *GLUE, 1971 cité par LIBOIS, 1984*

1.2 LA PHYSIOLOGIE ET LES HABITUDES INDIVIDUELLES AU SEIN D'UNE MÊME ESPÈCE

Les mâles chez certaines espèces de rapaces sont plus petits que les femelles (épervier d'Europe, autour des palombes, chouette hulotte, effraie des clochers, etc.). Cela leur évite une concurrence au sein du couple pour les ressources alimentaires. Les femelles de ces espèces ont tendance à capturer des proies plus grandes. Leurs pelotes ne contiendront pas les mêmes proportions d'espèces.
Les masses moyennes des proies (et donc les espèces) capturées par les adultes des effraies des clochers lors de la période de nidification semblent également varier au cours du temps. Elles augmentent jusqu'à l'envol des juvéniles (Muller, 1999). Ajoutons que Libois (1984) a remarqué que les juvéniles de cette même espèce sont nourris avec d'autres types de proies que celles ingurgitées par les adultes. Les pelotes attribuées aux juvéniles contenaient 63 % de rongeurs contre 67 % de musaraignes dans celles des adultes (sur 810 proies d'un gîte à Warnant).
Même des individus de sexe et âge identiques n'auront pas toujours les mêmes proportions d'espèces-proies. Certains individus se spécialisent. L'environnement peut contenir une source de nourriture très localisée, mais pourtant abondante. Un prédateur de la zone peut détecter cette source et, de par ses qualités individuelles, la trouver « facile ». Il reviendra régulièrement y puiser, aussi longtemps qu'elle sera disponible. Un autre individu de la même localité pourrait, au contraire, ne pas utiliser cette ressource. L'analyse d'un jeu de pelotes provenant d'un seul des deux individus pourrait amener à une sur/sous-évaluation de cette proie dans l'environnement et dans le régime alimentaire de l'espèce-prédatrice. C'est le cas typique des dortoirs d'oiseaux-proies (surtout moineaux et fringillidés) que va visiter chaque début de soirée un rapace nocturne.

Il ne sera presque jamais possible de généraliser à l'espèce les données provenant d'un seul individu.

Les milieux fréquentés par le busard Saint-Martin en Belgique (surtout les plateaux agricoles) ne possèdent pas la même faune que ceux qu'il peut visiter ailleurs en Europe (steppes de l'est, taïga et zones humides du nord).

1.3 L'ENVIRONNEMENT DE CHASSE

Une région n'est pas une autre. Il est donc logique que les espèces-proies ne soient pas partout les mêmes et/ou avec les mêmes densités. Un hibou des marais qui niche dans les régions boréales va se nourrir en très grande partie de lemmings, alors que la même espèce présente sous nos latitudes attrapera en majorité des campagnols des champs sur le continent et des campagnols agrestes au Royaume-Uni (faute de campagnols des champs sur cette île).
Plus localement, les habitats présents aux alentours du lieu de chasse du prédateur vont influencer ses captures. Une hulotte des parcs urbains n'aura pas les mêmes opportunités qu'une forestière.

Il n'est pas possible de transposer les résultats d'une étude locale à d'autres régions, sans risque d'erreurs.

1.4 LA TAILLE ET LES VARIATIONS DE DISPONIBILITÉ DES ESPÈCES-PROIES

Certaines proies, trop grandes pour être ingérées directement par le prédateur, sont « préparées ». Les rapaces nocturnes (hormis éventuellement le grand-duc d'Europe) décapitent très souvent les loirs, les lérots et les taupes (CHALINE et al., 1974). Sans leur tête, il est compliqué de déceler leur présence dans les pelotes (hormis via l'identification complexe et pas toujours possible des grands os). Pourtant, cela n'est presque jamais signalé dans les résultats des analyses.

Il existe très souvent un biais négatif de représentation des os de la tête des grandes proies dans les pelotes.

Les populations des espèces-proies répondent à des variations parfois importantes au cours du temps (variations saisonnières et pluriannuelles). LIBOIS (1974) cite comme cause de ces variations chez les micromammifères : le gel, la neige (Fig. 1), la pluie (inondations des galeries) et la sécheresse. Leur accessibilité peut également varier au cours du temps. Citons comme exemples typiques l'inaccessibilité des micromammifères suite à une chute de neige et la facilité de capture des amphibiens lors de leur migration printanière.
Dans tous ces cas, les prédateurs suivent la loi du moindre effort. Ils s'attaquent aux proies les plus facilement capturables pour leur espèce (car plus abondantes/plus visibles/moins rapides/etc.). Un même rapace présent au même endroit peut donc être amené à changer brusquement son régime alimentaire.

La composition des pelotes d'une récolte ponctuelle (sur une seule année et/ou une seule saison) ne peut pas être généralisée dans le temps.

Figure 1 : Avec la couverture neigeuse, le campagnol des champs ne se montre que rarement.

La Figure 2 montre un exemple concret dans le nord de l'Angleterre où les variations d'une population de campagnol agreste ont été suivies de 1984 à 1997. On constate que les variations sont très marquées et cycliques. L'impact sur ce que l'on trouve dans les pelotes produites par les chouettes hulottes fréquentant le même massif forestier a été analysé (Fig. 3). On constate que la relation est très étroite (mais non linéaire) : les fluctuations des populations expliquent 70 % des variations de leurs proportions dans les pelotes au cours du temps .

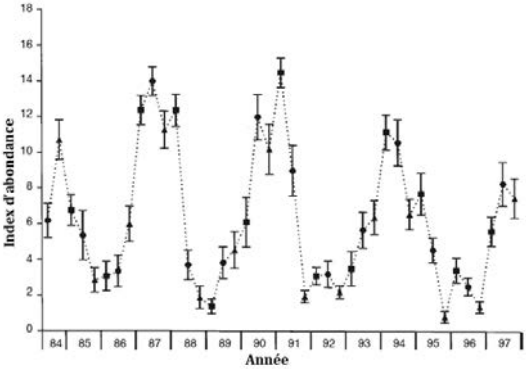

Figure 2 : Fluctuation d'abondance du campagnol agreste entre 1984 et 1997 dans la forêt de Kielder (Northumberland, Angleterre) (modifié d'après PETTY, 1999).

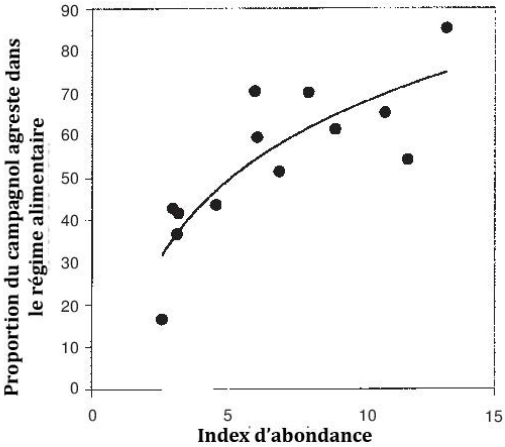

Figure 3 : Relation entre la proportion de campagnol agreste dans le régime alimentaire et son index d'abondance dans le forêt de Kielder (r2 = 0694, P=<0,001) (modifié d'après PETTY, 1999).

2. ENTRE L'INGURGITATION ET L'EXPULSION DE LA PELOTE

2.1 L'ESPÈCE-PRÉDATRICE ET SA PHYSIOLOGIE

La digestion des proies peut conduire à la perte d'une partie des os. C'est pourquoi, il peut être utile de parler de pourcentage de représentation (PRO). Le PRO est « le rapport entre le nombre observé d'un élément squelettique dans un échantillon et sa représentation théorique au sein de cet échantillon » (Cacciani, 2004). Par exemple, si une chouette avale deux souris, on s'attend à retrouver 4 tibias dans les pelotes. S'il n'y en a que 3, le PRO est de 75%. Des différences de PRO se marquent à certains niveaux :

Au niveau du genre :

Chez tous les oiseaux, les pelotes se forment au niveau du gésier, qui est la deuxième partie de l'estomac (après l'estomac glandulaire). Mais chaque espèce a ses particularités. Le système digestif des strigiformes (les rapaces nocturnes) diffère sur plusieurs points de celui des falconiformes (les faucons) et des accipitriformes (les autres rapaces diurnes). Les strigiformes n'ont pas de jabot pour stocker la nourriture. Ils doivent donc en ingérer plus régulièrement. C'est pourquoi ils ont le plus souvent deux périodes de chasse par jour , aux crépuscules (du soir et du matin). Entre celles-ci, ils vont devoir expulser une pelote pour faire de la place. Les captures vont, de ce fait, rester moins longtemps dans l'estomac que chez les rapaces diurnes.

Ils ont également des sucs digestifs moins acides (pH moyen de 2,35 contre 1,6 pour les rapaces diurnes ; cela représente des concentrations en ions H^+ 6 fois moindres).

Toutes ces spécificités conduisent à des PRO significativement différents. Les pelotes des strigiformes contiennent en moyenne 45,8 % de l'ensemble des os ingurgités contre 6,5 % pour les falconiformes (Duke et al. 1975).

Au niveau de la famille/l'espèce :

Au sein d'un même groupe taxonomique, il existe également une grande disparité. Chez les strigiformes, l'effraie des clochers a un PRO pour l'ensemble des os ingérés beaucoup plus élevé que le hibou moyen-duc (62,7 % contre 46,5 %) (Dodson et al., 1979). Les pelotes de l'effraie conservent plus d'informations sur l'identité de ses proies. Cette approche, basée sur les différences d'altération des éléments squelettiques dans les pelotes ou les fèces (chez les mammifères prédateurs), a été généralisée pour d'autres espèces (Tab. 1).

CATÉGORIE	*PRÉDATEUR*	*TYPES D'ALTÉRATIONS*
1	**Effraie des clochers** **Harfang des neiges**	**Modifications des os : très faibles** **Digestion des dents : absente à légère**
2	**Hibou moyen-duc** **Grand-duc africain**	**Modifications des os : faibles** **Digestion des dents : disparition de l'émail à la pointe des incisives**
3	**Chouette hulotte** **Grand-duc d'Europe**	**Modifications des os : plus forte** **Digestion des dents : disparition de l'émail modérée à forte**
4	**Chevêche d'Athéna** **Faucon crécerelle** **Faucon pèlerin** **Mustélidés** **Viverridés**	**Corrosion extrême de la dentine et de l'émail** *(les mustélidés produisent une modification extrême sur un assez faible pourcentage d'éléments.)*
5	**Buse variable** **Milan royal** **Canidés** **Félidés** *Homo sapiens*	**Modifications des os : très importante** **Digestion des dents : presque totale**

Tableau 1 : Catégories de digestion des os et des dents des micromammifères ingérés par les prédateurs (1 : très peu altérés, 5 : très attaqués) (d'après ANDREWS et al. , 1990).

N° 2. *ANDREWS et al., 1990 cité par BRUGAL et al., 2015*

Au niveau de l'individu prédateur :

Au sein d'une même espèce de rapaces, le pH de l'estomac chez les juvéniles est souvent plus bas (plus acide) que chez les adultes. Les juvéniles ont besoin de calcium et de phosphore pour leur croissance. Ils vont donc digérer les os plus efficacement pour s'en procurer. Par exemple, les PRO des juvéniles de chouettes hulottes sont de 37,3 % contre 50,8 % chez les adultes (Raczynski et al., 1974). Un individu affamé a également tendance à mieux digérer. Ce qui entraîne, couramment, un PRO légèrement plus bas en hiver qu'en été. C'est ce qu'a confirmé l'étude des pelotes d'un couple de chouettes hulottes produites sur une période de 40 mois. Les os et les dents des campagnols étaient plus attaqués en hiver (Andrews et al., 2018).

Au niveau du type d'os :

Un dernier élément faisant varier le PRO est le type d'os considéré. En effet, tous n'ont pas la même résistance face aux sucs digestifs. Dodson et al. (1979) les ont comparés chez deux espèces de rapaces nocturnes (Fig. 4). On constate que les mandibules et le crâne, utilisés pour identifier les espèces-proies, sont bien conservés chez l'effraie des clochers. Cette espèce se prête bien au « jeu » de l'estimation de son régime alimentaire avec l'aide des pelotes. Ce qui ne sera pas le cas du hibou moyen-duc, par exemple.

Les dents, de leur côté, sont plus résistantes et de ce fait, mieux conservées que les os. Cette conservation varie également d'une espèce à une autre de prédateurs (Fig. 5). Une fois de plus, on constate que la digestion de l'effraie permet une bonne conservation des dents, très utile lors de l'identification des proies.

Deux espèces différentes, voire deux individus de la même espèce, qui attraperaient exactement les mêmes proies, ne feront pas des pelotes identiques. Cela est dû à des systèmes digestifs différents.

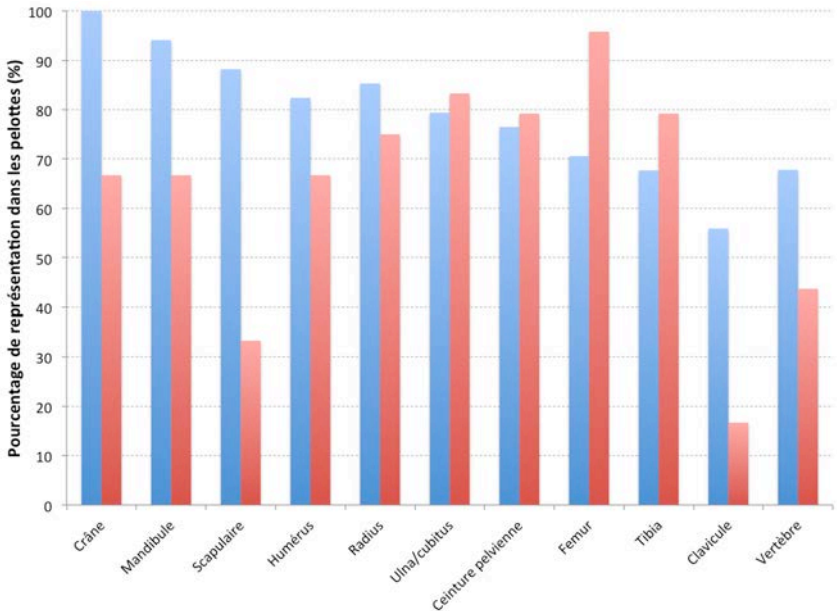

Figure 4 : PRO en fonction du type d'os chez l'effraie des clochers (en bleu) et chez le hibou moyen-duc (en rouge)(d'après les données de DODSON et al., 1979).

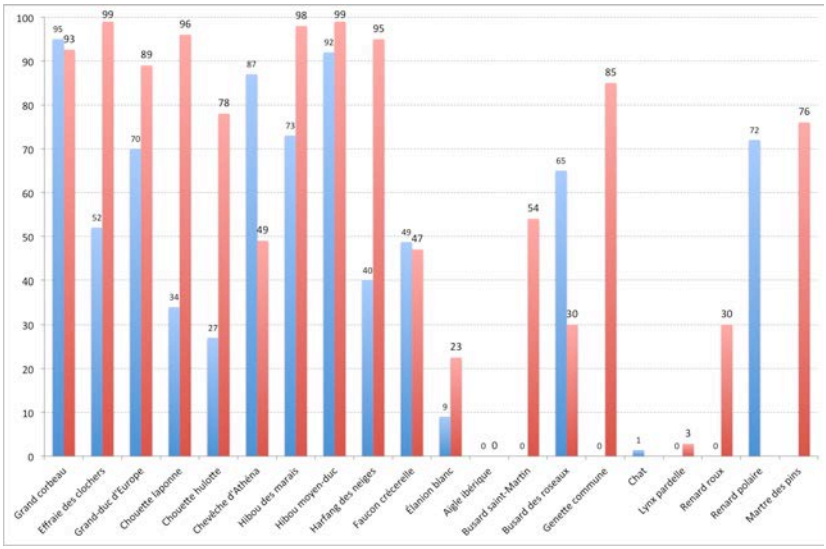

Figure 5 : PRO des incisives (en bleu) et des molaires (en rouge) en fonction de l'espèce (d'après les données de FERNANDEZ-JALVO et al., 2016 et de LAUDET et al., 2005 pour le grand corbeau).

L'espèce-proie :

LOWE (1980) a nourri une chouette hulotte avec différentes espèces et a analysé les os retrouvés dans les pelotes. Il a constaté la « disparition » des os à hauteur de 40 % chez le mulot sylvestre, de 33 % chez le campagnol roussâtre et de 15 % chez le campagnol agreste. Les proportions d'espèces-proies trouvées dans les pelotes des hulottes sont donc biaisées par rapport aux captures. Ce biais a certainement beaucoup moins d'importance pour l'effraie des clochers, étant donné qu'elle ne décompose que très peu les os qu'elle avale.

D'autres espèces-proies ne laissent aucun os dans les pelotes, faute d'en avoir : les invertébrés (comme les insectes, les mollusques, les lombrics, etc.). Ils peuvent passer inaperçus si l'on ne recherche pas attentivement les restes de chitine, de coquilles, les soies, etc. Pourtant, ils peuvent représenter 52 % (en masse) de l'alimentation chez la chevêche d'Athéna en période de nidification (JUILLARD, 1984).

L'âge de la proie a également une grande importance. RACZYNSKI et al. (1974) ont démontré que les os des juvéniles sont plus facilement dissous que ceux des adultes (Fig. 6).

Les os de certaines proies, en fonction de leur espèce et de leur âge, sont plus facilement digérés que d'autres.

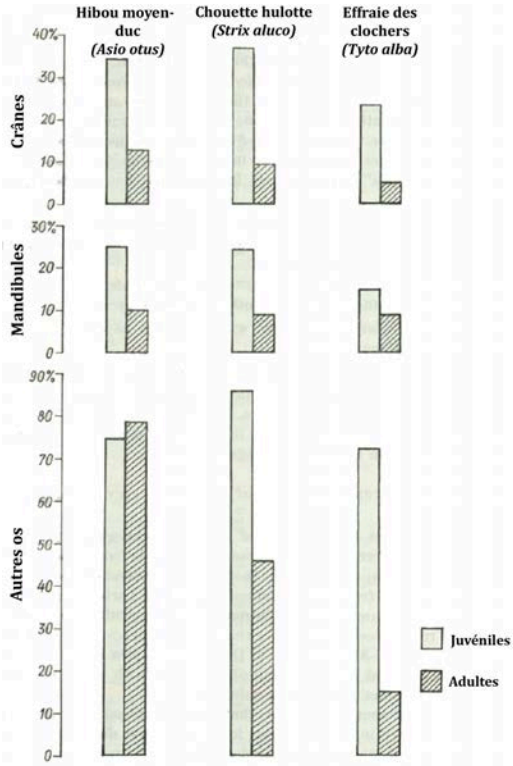

Figure 6 : Proportion des os faisant défaut dans les pelotes en fonction de trois espèces de rapaces et de l'âge des proies (modifié d'après RACZYNSKI et al., 1974).

3. APRÈS L'EXPULSION DE LA PELOTE

Même une fois la pelote éjectée, plusieurs mauvaises interprétations peuvent être faites. Beaucoup d'auteurs tentent d'estimer le nombre de proies capturées par jour afin de comprendre l'impact des prédateurs sur ces populations. Cela est très compliqué pour plusieurs raisons :

- il est difficile de récolter toutes les pelotes produites par un rapace nocturne. En général il en régurgite deux par jour : une première, produite au dortoir diurne et une seconde, lors de l'activité nocturne. Cette dernière est rarement récoltée ;

- la taille et le nombre des pelotes produites quotidiennement varient en fonction de différents facteurs au cours du temps. Lors d'une étude réalisée sur le hibou moyen-duc au nord-est des Pays-Bas (Wijnandts, 1984), la pelote produite pendant la nuit était, en moyenne, 72 % plus légère que celle de la journée. La masse des pelotes évoluait également au cours de l'année. La masse moyenne passait de 3,11g en juillet à 1,79 g en décembre. À l'inverse, le nombre de pelotes produites par jour fut minimal en juin (1,2) et maximale en novembre (2,5) (Fig. 7) ;

- le comptage des pelotes peut être difficile. Elles peuvent être décomposées, cassées en plusieurs morceaux lors de la chute ou petites et donc non considérées comme une pelote entière ;

- certaines mandibules et parties de crânes très décomposées et/ou très petites peuvent être sous-détectées lors du décorticage des pelotes. On peut penser aux mandibules de la musaraigne pygmée, longues de moins d'un centimètre.

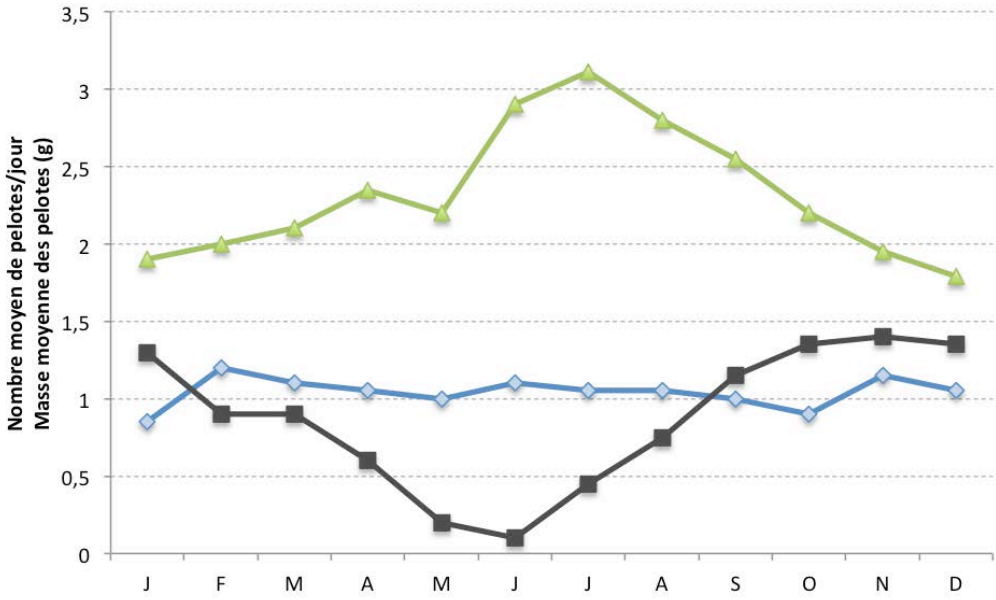

Figure 7 : Evolution, chez le hibou moyen-duc, du nombre moyen de pelotes produites par jour (en noir : pelotes produites pendant la nuit ; en bleu : pelotes produites pendant la journée) et de leur masse moyenne (en vert) au cours d'une année (d'après les données de Wijnandts, 1984).

L'avènement de nouvelles technologies a confirmé la présence d'erreurs dans l'analyse des pelotes. Citons comme exemple les résultats d'une étude (Zarybnicka, 2011) dans laquelle il a été comparé le contenu de pelotes récoltées dans une cavité de chouette de Tengmalm avec l'enregistrement par vidéo des proies apportées (lors de deux saisons de reproduction en République Tchèque). Les pelotes n'ont permis la détermination que d'une petite moitié des proies réellement apportées. De plus, les proportions de proies identifiées dans les pelotes sous-estimaient les campagnols et les oiseaux (souvent décapités avant leur ingestion)....

Même en possession des chiffres exacts de proies capturées, il est possible de mal interpréter leur importance sur le régime alimentaire de l'oiseau. Vingt-cinq musaraignes pygmées adultes apportent la même quantité de nourriture qu'un seul campagnol terrestre juvénile (masse corporelle moyenne de respectivement 4 g et 100 g ; selon Southern, 1954). L'apport calorique, et non la masse, étant la finalité, il faut encore tenir compte du fait que certaines espèces sont plus énergétiques que d'autres. Les campagnols, les mulots et les moineaux apportent 1 100 calories par gramme, les musaraignes 1 300 et les hannetons 2 000 (Vallee, 1999). Encore faut-il que ces calories soient assimilées de la même manière, ce qui n'est pas le cas : Wijnandts (op. cit.) a montré que 79 % des calories contenues dans les mulots sylvestres étaient assimilés contre, par exemple, 62 % pour les musaraignes sp.

L'utilisation des données provenant des pelotes, même en tenant compte des remarques signalées aux chapitres 1 et 2, peut nous amener à mal définir le régime alimentaire des prédateurs si l'on n'est pas prudent.

Mais alors, y a-t-il une utilité à l'étude du contenu des pelotes ? La réponse est, heureusement, affirmative. En plus de l'apport pédagogique de la démarche, certains apports scientifiques peuvent émerger. C'est ce que va démontrer la deuxième partie de l'article, en prenant appui sur un cas concret.

N° 3. *SOUTHERN, 1954 cité par GLUE, 1974*

PARTIE 2 : EXEMPLES D'ANALYSE DE PELOTES
D'une effraie des clochers, de hiboux des marais et d'un faucon crécerelle, prélevées aux alentours du village de Bailièvre

1. CONTEXTE DES PRÉLÈVEMENTS

La zone de récolte des pelotes se situe dans la Botte du Hainaut, aux alentours du village de Bailièvre. Cette petite localité rurale est à cheval entre la dépression de la Fagne (cœur du village, prairies bocagères et, plus au nord, grandes forêts) et la Calestienne (prairies bocagères et, plus au sud, prairies intensives et plateau agricole ouvert).

1.1 EFFRAIE DES CLOCHERS

Un vieux bâtiment situé dans le village de Bailièvre a servi de gîte hivernal à une chouette effraie en 2016-2017 et en 2017-2018. Les pelotes ont toutes été récoltées dans ce bâtiment en mai 2017, puis tous les débuts de mois entre décembre 2017 et avril 2018. Une centaine de pelotes ont pu ainsi être récoltées.

1.2 HIBOU DES MARAIS

Un dortoir de cette espèce grégaire en dehors de la période de nidification est repéré le 9 janvier 2018 sur le plateau agricole, à 3 km au sud-est du village. Il s'agissait d'une zone aux paysages ouverts et présentant une haute végétation herbacée, ce qui correspond à un gîte typique pour cette espèce. Les hiboux des marais fréquentaient également une culture de colza (de 390 x 45 m) laissée sur pied. Notez que cette zone était également occupée par des busards Saint-Martin. C'est à leur retour crépusculaire que les hiboux des marais commençaient « leur journée ». Au moins 2 hiboux l'occupent en janvier, puis 4 en février et mars. À la fin de ce mois, ce sont 8 individus qui sont dénombrés. Le dortoir est déserté avant le 5 avril. Pendant la présence hivernale des hiboux, neuf pelotes sont trouvées sous des perchoirs où des hiboux avaient été vus durant les soirées d'observation (certains à 1,5 km du dortoir). Quinze autres ont été ramassées dans le champ de colza, après avoir obtenu la certitude qu'il n'était plus occupé (Fig. 8). Elles se trouvaient isolées les unes des autres, dans des zones dégagées de haute végétation.

1.3 FAUCON CRÉCERELLE

Lors des visites au dortoir des hiboux des marais, un faucon crécerelle a été observé : il passait ses nuits sur les clés de voûte en relief des fenêtres d'une chapelle bâtie au milieu du plateau (chapelle de l'Arbrisseau située à 500 m du dortoir des hiboux et à 2,5 km du dortoir de l'effraie). Une récolte le 16 février 2018 au pied du bâtiment a permis de réunir 38 pelotes.

Figure 8 : Pelote de Hibou des marais trouvée dans le dortoir (plateau agricole de Salles, 07/04/2018).

2. RÉSULTATS "BRUTES"[4]

Les tableaux 2 et 3 montrent les données brutes de l'analyse des pelotes de l'effraie des clochers et des hiboux des marais afin de vous permettre de mieux comprendre d'où viennent les analyses présentées par la suite. Les données du faucon crécerelle, trop fragmentaires, rendaient inutile la réalisation d'un tel tableau (voir chapitre 3.3).

ESPECE	NOM SCIENTIFIQUE	05 2017		12 2017		01 2018		02 2018		03 2018		04 2018		TOTAL M	TOTAL C
		M	C	M	C	M	C	M	C	M	C	M	C		
"Petit" campagnol indertminé	/	4	9											4	9
Campagnol agreste	*Microtus agrestis*	29	8	12	6	2	1	4	2			2	1	49	18
Campagnol des champs	*Microtus arvalis*	107	57	51	24	14	7	5	3			4	2	181	94
Campagnol souterrain	*Microtus subterraneus*	10	2								1			10	2
Campagnol roussâtre	*Clethrionomys glareolus*	22	7	2	1	8	4							32	12
Campagnol terrestre	*Arvicola terrestris*	44	22	4	2									50	25
Musaraigne carrelet/couronnée	*Sorex araneus/coronatus*	212	119	36	25			1	1	2	1	4		253	145
Musaraigne pygmée	*Sorex minutus*	24	19	2	1									26	20
Musaraigne musette	*Crocidura russula*	28	16	2	2	2	1					2	1	34	20
Crocidure indéterminée	*Crocidura sp.*									4				4	1
Muscardin	*Muscardinus avellanarius*	4	1								1			4	1
mulot sylvestre/à collier	*Apodemus sylvaticus/flavicollis*	79	31	28	11	7	4					4	2	118	48
Rat des moissons	*Micromys minutus*	4	4											4	4
Rat noir/surmulot	*Rattus sp.*	20	9	8	4	2	1	4	2			4	2	38	18
Souris domestique	*Mus domesticus*	4	1	20	11	9	4	2	1	1				36	17
Moineau domestique	*Passer domesticus*	3	4	10	11	11	10	9	14	6	5	5	4	44	48
Hanneton commun	*Melolontha melolontha*	3	3											3	3
Total		594	313	176	99	55	32	25	23	13	8	25	12	888	487

Tableau 2 : Nombre de mandibules (M) et de crânes (C) identifiés dans les pelotes d'effraie des clochers par espèce-proie et par date de récolte.

ESPECE	NOM SCIENTIFIQUE	PERCHOIRS		DORTOIR	
		M	C	M	C
"Petit" campagnol indertminé	/		1		
Campagnol des champs	*Microtus arvalis*	17	9	30	15
Musaraigne musette	*Crocidura russula*				1
Mulot sylvestre/à collier	*Apodemus sylvaticus/flavicollis*			4	2
Oiseaux sp.	/			Présence de plumes dans 1 pelote	

Tableau 3 : Nombre de mandibules (M) et de crânes (C) identifiés dans les pelotes de hiboux des marais par espèce-proie et par lieu de récolte (24 pelotes).

3. INTERPRÉTATION DES DONNÉES

3.1 EFFRAIE DES CLOCHERS

Remarques préliminaires

Rappelons que, dans notre cas de figure, il sera impossible de savoir quelles sont les habitudes de « notre » effraie en période de reproduction, les pelotes ne venant que de deux hivernages (pelotes produites globalement entre novembre et avril par un individu isolé, dont on ne connaît pas le sexe).

Dans la colonne « espèce » du Tableau 2, on remarque que certains crânes/mandibules n'ont pas pu être identifiés jusqu'à l'espèce. Il s'agit parfois d'os en très mauvais état (cas de « « Petit » campagnol sp. » et de « Crocidura sp. ») ou d'espèces difficilement différenciables cas de « Musaraigne carrelet/couronnée », de «Mulot sylvestre/à collier » et de « Rat noir/surmulot ». Pour les mulots, il est toutefois très probable que la majorité des individus appartiennent à l'espèce sylvestre. En effet, le mulot à collier a une répartition en Belgique plus limitée (Lorraine, Ardenne, Famenne et certains endroits du Condroz ; Libois, 2006). De plus, le mulot à collier est beaucoup plus sylvestre … que le sylvestre. On ne le trouve presque jamais en dehors des massifs boisés. L'Effraie ne va en attraper que rarement, ne chassant que très peu en forêt. Selon Libois (2006), le mulot à collier n'atteint pas 1 % des proies identifiées dans les pelotes des effraies chassant dans les régions où il est bien présent en Wallonie.

Dans le même tableau, on constate que le nombre de mandibules n'est pas identique à celui des crânes (434 crânes de mammifères pour 843 mandibules). Comme il y a 2 mandibules pour 1 crâne (sauf pour les oiseaux qui n'en possèdent qu'une seule), on peut diviser par deux le nombre de mandibules. Margé cela on constate qu'il y a toujours une différence (843/2=421,5). Cela est normal. Tous les os d'une espèce ingurgitée ne ressortent pas nécessairement dans la même pelote. Le hasard peut donc être responsable de cette situation. De plus, on a vu que certains os disparaissent lors de la digestion et ce, dans des proportions différentes (les mandibules plus vite que les crânes). On pourrait également supposer que certaines mandibules n'aient pas été détectées lors de la décortication. Afin de dépasser ce « problème » lors de l'estimation du nombre d'individus par espèce-proie, on a pris le plus grand nombre entre crânes et mandibules divisées par deux. Dans notre étude, cela donne, par exemple, 25 campagnols agrestes. Au total, **il y avait un minimum de 513 proies dans l'ensemble des pelotes analysées**. Il ne faut donc pas comptabiliser le nombre d'individus par pelote en partant de la simple présence d'un os qui permet de l'identifier, au risque de surestimer les proies présentes dans le jeu de pelotes. Par exemple, si l'on a dans une pelote A une mandibule de campagnol des champs et dans une pelote B une mandibule et un crâne de la même espèce, il ne faut pas conclure à la présence d'un campagnol des champs dans la pelote A et d'un autre dans la pelote B. Ce sont peut-être des os appartenant au même individu qui sont ressortis dans deux pelotes différentes. On aura donc ici, pour les deux pelotes, un minimum de un campagnol (il y avait peut-être 3 individus, mais on ne peut pas le prouver).
Une fois cela réalisé, on peut se poser différentes questions.

Quelles furent, globalement, les proies de "notre" effraie ?

Les nombres du tableau sont assez difficiles à interpréter. Un diagramme circulaire les représentant (sous forme de pourcentages) l'est beaucoup moins. En voici le résultat :

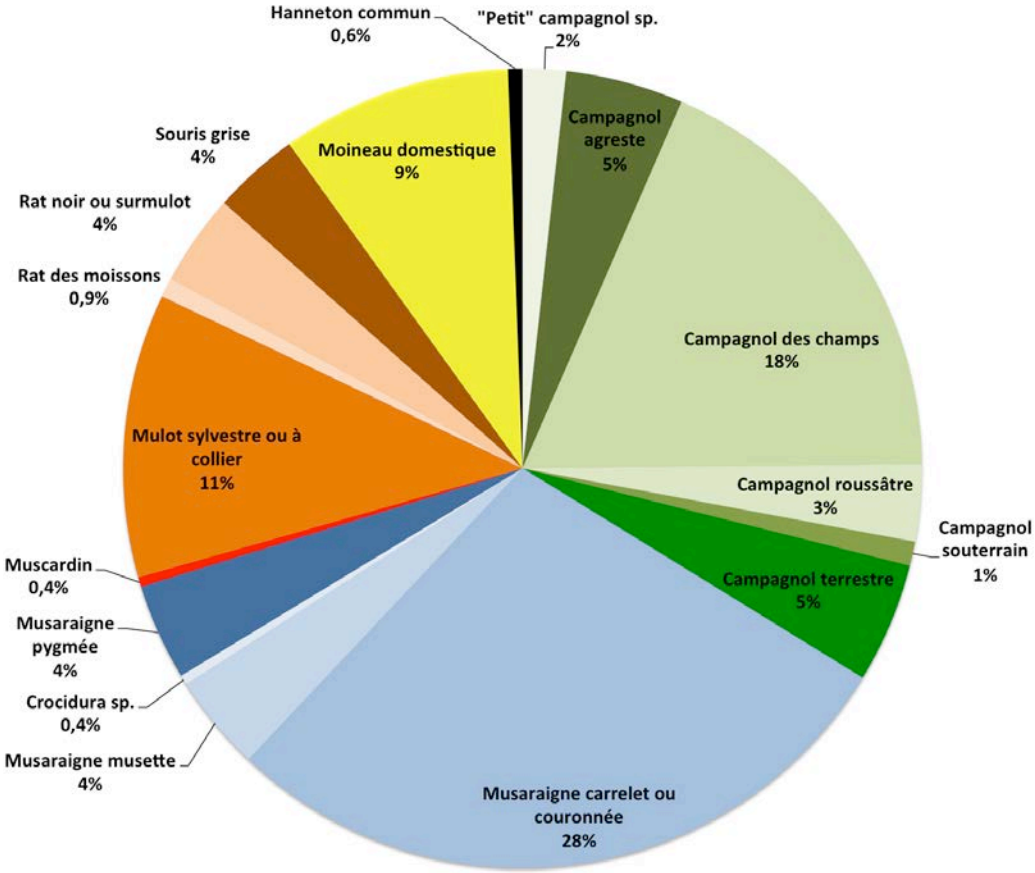

Figure 9 : Répartition du nombre de proies retrouvées dans les pelotes de la chouette effraie hivernant à Bailièvre en 2016-2017 et 2017-2018 (en vert : les Cricetidae ; en bleu : les Soricidae ; en rouge : les Gliridae ; en brun-orange : les Muridae ; en jaune : les Passeridae ; en noir : les insectes).

Quelle fut la part des espèces-proies dans le régime alimentaire de « notre » effraie ?

On peut également représenter les mêmes données, cette fois, au point de vue de leur apport sur le régime alimentaire de l'effraie en combinant le nombre d'individus détectés dans les pelotes et les masses moyennes observées des proies de l'effraie (Tab. 4 ; Southern, 1954). Notez que ces masses sont souvent inférieures aux masses moyennes de ces espèces car l'effraie va, surtout pour les grosses espèces, attraper préférentiellement des juvéniles. Certaines espèces manquaient à ce tableau. Le campagnol des champs (20 g), le campagnol souterrain (16 g), la musaraigne musette (10 g), le moineau domestique (30 g ; Geroudet, 2000) et le hanneton commun (0,85 g ; Ciach, 2006) ont été ajoutés. Toutes ces masses moyennes font perdre de la précision aux résultats. D'autant plus qu'elles varient au cours d'une année (elles sont souvent moindres en hiver). On peut ensuite pondérer les masses totales de chaque espèce avec les valeurs énergétiques (calories/gramme) présentées au chapitre 3 de la première partie.

On remarque tout de suite (Fig. 10) que les campagnols représentent presque la moitié de la quantité des apports alimentaires. Les musaraignes, qui représentent plus d'un tiers du nombre des proies, ne « valent » plus que 16 % de l'énergie ingérée. Les grosses proies, telles que les rats et les campagnols terrestres, ont une réelle importance alimentaire, alors qu'elles ne sont attrapées qu'assez rarement. Le hanneton, la plus énergétique des proies détectées dans les pelotes, ne représente pourtant que 0,04 % des calories consommées.

ESPÈCE	MASSE MOYENNE (g)	ESPÈCE	MASSE MOYENNE (g)
Campagnol agreste	20	Souris domestique	20
Campagnol des champs	20***	Taupe d'Europe	100
Campagnol souterrain	16***	Belette	100
Campagnol roussâtre	20	Lapin de garenne	200
Campagnol terrestre	100	Noctule commune	28
Musaraignes carrelet et couronnée	10	Pipistrelle commune	5
Musaraigne aquatique	15	Oreillard roux	7
Musaraigne pygmée	4	Murin de Natterer	8
Musaraigne musette	10***	Grenouille verte	20
Muscardin	30	Crapaud commun	20
Mulots sylvestre et à collier	20	Moineau domestique	30*
Rat des moissons	6	Hanneton commun	0,85**
Rat surmulot	100		

Tableau 4 : Masse moyenne des proies présentes dans les pelotes d'effraie (selon SOUTHERN, *1954 ;* GEROUDET, *2000* ;* CIACH, *2006** et par déduction d'après les masses moyennes des espèces proches***).*

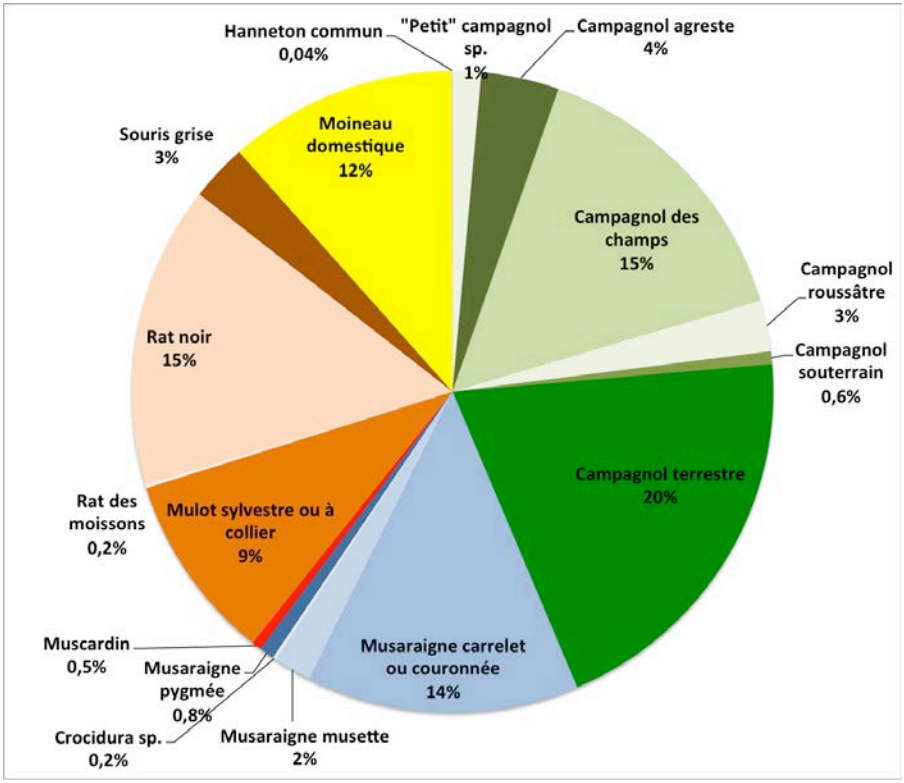

Figure 10 : Répartition des apports énergétiques (en calories) des proies retrouvées dans les pelotes de la chouette effraie hivernant à Bailièvre en 2016-2017 et 2017-2018 (en vert : les arvicolidés ; en bleu : les soricidés ; en brun-orange : les muridés ; en rouge : les gliridés ; en jaune : les oiseaux ; en noir : les insectes).

Un bon résumé du nombre de proies et de leur importance dans le régime alimentaire consiste à les classer en quatre catégories, comme proposé par Cuisin (1989). Si l'on applique cette répartition à « notre » effraie, on obtient pour son hivernage :

- **proies de base** (constituantes principales/dominantes, consommées très régulièrement) : les musaraignes carrelet/couronnée, les campagnols des champs et les mulots sylvestre/à collier ;
- **proies d'appoint ou de complément** (permet de compléter la ration alimentaire, sujette à variations au cours du temps) : les autres campagnols et musaraignes, les rats noir/surmulot et la souris domestique ;
- **proies de remplacement** (lorsque la proie de base fait défaut) : le moineau domestique (voir plus loin) ;
- **proies occasionnelles :** le muscardin, le rat des moissons et le hanneton commun.

Quelle est la consommation journalière de « notre » effraie ?

On veut souvent connaître l'impact d'un prédateur sur les populations des proies dans le milieu où ils vivent. Pour cela, il est intéressant de connaître le nombre de proies prélevées (par jour, mois, année, saison de reproduction, etc.).

Pour savoir quelle quantité de proies l'effraie a consommé en moyenne par jour « d'hiver », il faut connaître le nombre de pelotes rejetées par jour et le nombre moyen de proies présentes par pelote. Heureusement pour nous, comme dit plus haut, l'effraie ne dégrade que très peu les os de ses proies. Il n'y a donc que très peu de perte entre ce qui a été capturé et ce qui est dans la pelote.

Pour le nombre de pelotes rejetées quotidiennement, on peut prendre une moyenne de 2. Libois (1984) parle de « 2 à 3 » (en citant plusieurs auteurs) et Mikkola (1983) trouve 1,4 pour une effraie suivie à l'état sauvage. Avec ce chiffre de 2, on perd donc déjà certainement un peu de précision.

Le fait d'avoir pris les pelotes uniquement dans le gîte influence peut-être leur taille (voir première partie). La littérature signale souvent que chez les effraies, les pelotes régurgitées au gîte sont un peu plus grandes que celles produites pendant la chasse de l'oiseau. Mais de combien ? Encore une perte de précision.

Un autre problème est de savoir ce qui formait une pelote entière. Certaines étaient cassées en plusieurs morceaux au sol ; d'autres se sont fractionnées durant leur transport ou lors de leur stockage (la soixantaine de pelotes prélevées en mai 2017 n'ont pas été traitées juste après leur récolte ; résultat, elles ont été attaquées par des insectes qui en ont consommé les poils, les décomposant). Afin d'éliminer ce flou, plusieurs données ont été mises de côté et seules les pelotes présumées entières ont été utilisées pour cet exercice. Cela nous laisse 78 pelotes produites durant l'hivernage 2017-2018.

Le nombre d'individus présents dans ces 78 pelotes a été calculé comme expliqué ci-avant. On a donc des nombres minimums. Une nouvelle perte de précision.

La moyenne donne 1,94 proies/pelote. Ceci est nettement en dessous des chiffres trouvés dans la littérature : 3,7 pour une étude sur près de 30 000 pelotes en Alsace (Bersuder et al., 1988) ; 3,8 pour une autre sur plus de 10 000 pelotes en Maine-et-Loire (Pailley, 2000) ; 3,3 pour un lot prélevé à Vierves ; 4,3 pour un autre à Sautour et 3,6 pour un à Nivelles (Clesse et al., 1997). Toutefois, ces études montrent des proportions de musaraignes et de petits campagnols consommés bien plus grandes, alors que nous avons vu que nos pelotes contenaient assez bien de grosses espèces. De plus, la plupart de ces pelotes ont été prélevées dans des gîtes de nidification et non d'hivernage, période plus faste pour la prise alimentaire. Enfin, il n'est pas impossible que ces auteurs n'aient pas pris les précautions expliquées ci-dessus lors de l'estimation du nombre d'espèces par pelote.

Si l'on multiplie 1,94 proies/pelote par 2 pelotes/jour, on obtient un minimum de **3,9 proies/jour**. Ce chiffre donne un ordre de grandeur de ce que chassait « notre » effraie au quotidien (mais avec quelle marge ?).

Si l'on s'intéresse à la quantité de biomasse consommée par jour, nous obtenons : **103 grammes/jour** (51,6 grammes de proies en moyenne/pelote dans notre étude multiplié par 2 pelotes/jour). Dans ce cas, cela rentre dans la fourchette annoncée par Libois (1984) : entre 70 et 150 grammes pour une effraie adulte ; sur base de 9 études scientifiques.

Notons que si on conclut que « les l'effraie des clochers en Entre-Sambre-et-Meuse consomment 103,179 grammes de biomasse par jour »,

cela paraît très sérieux (j'ai même les calculs qui prouvent ma démarche). Mais c'est totalement faux ! Par contre, si on écrit que « l'effraie ayant hiverné à Bailièvre entre 2017 et 2018 avait consommé une quantité de biomasse estimée de l'ordre de la centaine de grammes », cela fait beaucoup moins sérieux. Mais pourtant, cela l'est beaucoup plus !

Que peut-on savoir sur les micromammifères présents autour de Bailièvre ?

L'effraie est très peu sélective dans ses proies et chasse dans presque tous les milieux (sauf au cœur des massifs boisés). Combiné à son PRO élevé (voir première partie), cela en fait l'espèce de rapaces la plus utile pour la connaissance des micromammifères d'une localité. De plus, l'étude des pelotes de l'effraie demande moins de matériel que le piégeage (pas besoin de plusieurs pièges de différents types en fonction des caractéristiques des espèces à attraper) et nécessite beaucoup moins de temps pour la récolte des données (un seul lieu de récolte à visiter seulement quelques fois par an, contre de nombreux pièges qui doivent être relevés quotidiennement et qui sont répartis en de nombreux endroits du territoire à analyser afin d'avoir un bon échantillonnage des différents milieux naturels présents). Malgré tout, pour qu'une liste de proies soit représentative des micromammifères d'une localité, il faut en Belgique, selon Libois (1984), un échantillonnage d'au moins 250-350 proies provenant de pelotes prises sur plusieurs années et sur plusieurs saisons. En d'autres termes, au-dessus de 250-350 proies identifiées, on peut estimer que presque toutes les espèces de micromammifères présentes sur le territoire de chasse de l'effraie se retrouvent dans les pelotes.
Le nombre de proies identifiées dans notre étude est supérieur à cette limite (513 individus). Par contre, aucune pelote n'a été produite durant l'été et les pelotes ne couvrent que deux années. De ce fait, certaines espèces de micromammifères, présentes sur le territoire de chasse de « notre » effraie n'ont peut-être pas été détectées.
Il ne faut pas non plus croire que les proportions de la Figure 9 permettent de déterminer les densités des espèces-proies autour de Bailièvre. Les études montrent que ce lien n'est jamais linéaire et même, parfois, inexistant.
On peut juste conclure que **les 15 espèces trouvées dans les pelotes étaient présentes dans les environs proches du village de Bailièvre en 2017-2018**. Ces informations sont déjà très intéressantes.

Quel est le territoire de chasse de « notre » effraie ?

Selon Libois (1984), plusieurs auteurs ont réussi à trouver de bonnes concordances entre le régime des effraies d'une localité et les caractéristiques physiographiques de leur domaine de chasse. Trouver quelles zones a prospecté « notre » effraie en regardant les proies qu'elle a capturées reste toutefois extrêmement difficile. Il est pourtant très probable que l'effraie ait utilisé certaines zones plus intensément que d'autres. Le seul moyen de vraiment connaître ces zones aurait été d'équiper l'oiseau d'une balise. Essayons quand même d'émettre des hypothèses plausibles.
On peut commencer par réduire les zones potentiellement utilisées de trois manières :

- premièrement, il existe une distance maximale au-delà de laquelle l'effraie n'ira pas. Selon Muller (1999), les études effectuées sur l'estimation du domaine vital (identique au territoire de chasse pour l'effraie des clochers) montrent des résultats allant de 66 à 11 300 ha, soit un rayon moyen de 0,45 à 6 km autour du gîte. Baudvin (1995) dit que la littérature donne des rayons allant de 1,5 à 3 km. C'est la densité de proies sur ce territoire qui influence le plus ce nombre. LIBOIS (1984), après avoir passé en revue différentes sources, estime qu'un rayon de 1,5 km est une bonne approximation sous nos latitudes. Sachant que les environs de Bailièvre doivent être relativement bien pourvus en proies (mosaïque de nombreux habitats), on peut prendre un rayon de 2 km autour du gîte afin d'être presque certain d'englober tout son territoire et au moins la partie la plus fréquentée ;
- deuxièmement, certains milieux peuvent être exclus. C'est le cas des forêts où l'effraie ne chasse pas (sauf en lisière et dans les ouvertures assez larges) ;
- troisièmement, le cœur d'au moins 1 des 2 autres villages présents dans le rayon de 2 km peut aussi être exclu. Il abritait une autre effraie, certainement peu encline à partager son territoire. Un rayon de 500 m d'exclusion autour de son gîte est un minimum.

On peut ensuite diviser le territoire restant en plusieurs catégories d'habitats. Le site internet WalOnMap de la région wallonne (avec ses images aériennes et cartes diverses) et la connaissance du lieu permettent cette division. Le résultat est présenté à la Figure 11. Le site internet LifeWatch peut être une alternative si l'on doit travailler sur une plus grande échelle et avec moins de précision. Il propose une carte des écotopes de la Région wallonne (*http://maps.elie.ucl.ac.be/lifewatch/ecotopes.html*).

Chacune de ces catégories d'habitat est fréquentée préférentiellement par certaines espèces de micromammifères et évitée par d'autres. Les habitats préférentiels des micromammifères en Belgique sont résumés à la Figure 12.

On peut finalement réaliser une comparaison entre les espèces-proies retrouvées dans les pelotes et la localisation de leurs habitats préférentiels :

- la majorité des proies de « notre » effraie (campagnol des champs, musaraigne carrelet/couronnée, etc.) ont l'habitude d'occuper les prairies ;
- les occupants des villages (campagnol terrestre, musaraigne musette, souris domestique, rats noir/surmulot, moineau domestique, etc.) et des ourlets forestiers (campagnol agreste, musaraigne pygmée, mulot sylvestre, muscardin, etc.) sont également assez bien représentés ;
- notons que les campagnols terrestre/agreste, ainsi que les musaraignes carrelet/couronnée, fréquentent également les prés humides et le bord des eaux ;
- la plupart de ces espèces peuvent aussi se trouver au pied des haies.

Tous ces milieux sont très présents aux alentours immédiats du gîte (à moins d'un km). **Il est probable que « notre » effraie n'avait pas un territoire de chasse très grand, probablement orienté vers le nord-est**, là où ces habitats sont très présents.

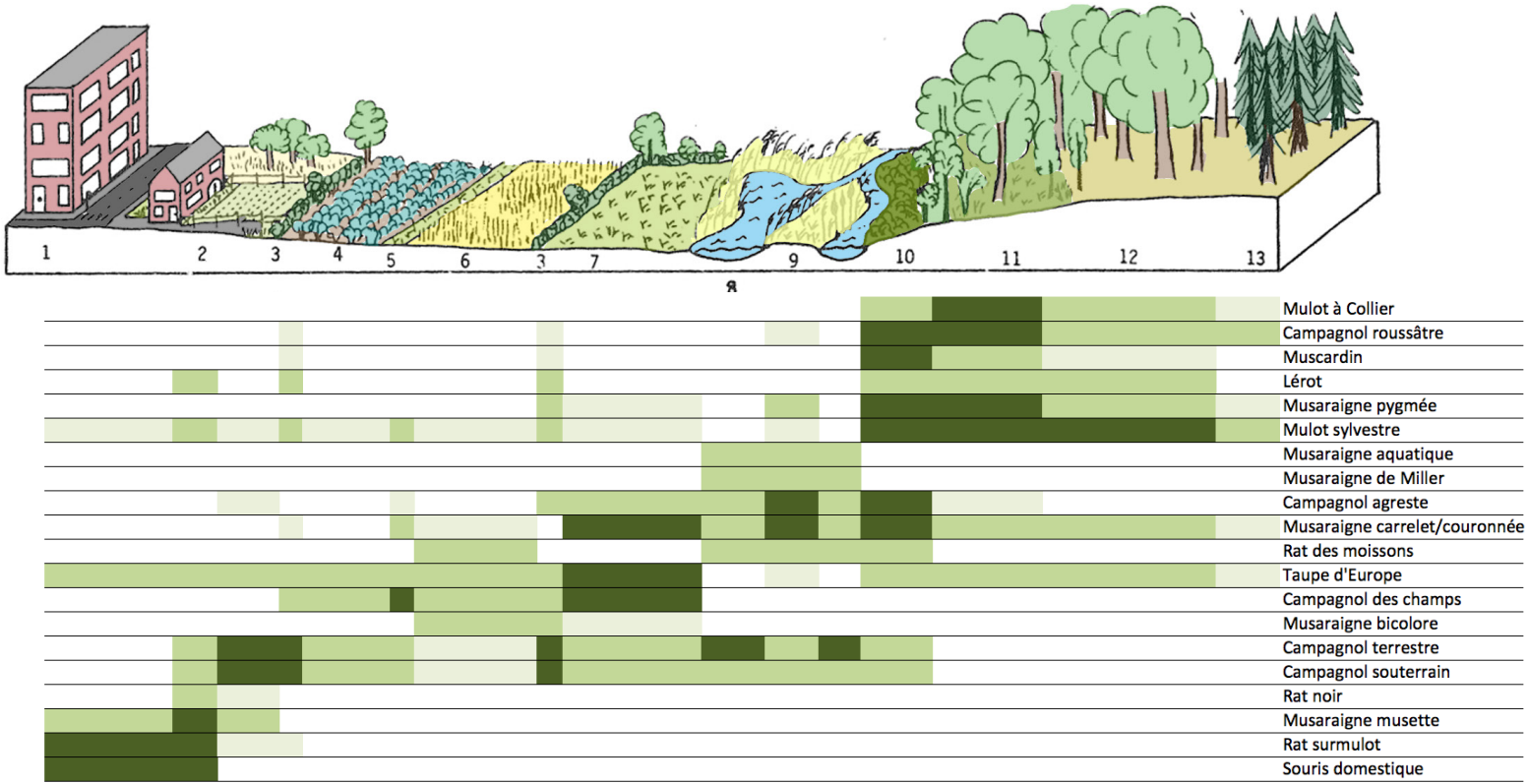

Figure 11 : Schéma de la répartition des micromammifères en Belgique en liaison avec le paysage végétal : 1. Zones urbanisées, 2. Villages avec jardins, 3. Haies, 4. Cultures sarclées, 5. Bandes herbeuses, 6. Céréales, 7. Pâturages, 8. Étangs et ruisseaux, 9. Marais et prés humides, 10. Ourlets forestiers, 11. Taillis sous futaie, 12. Futaies feuillues, 13. Pessières âgées (modifié et avec l'autorisation de LIBOIS, 1984).

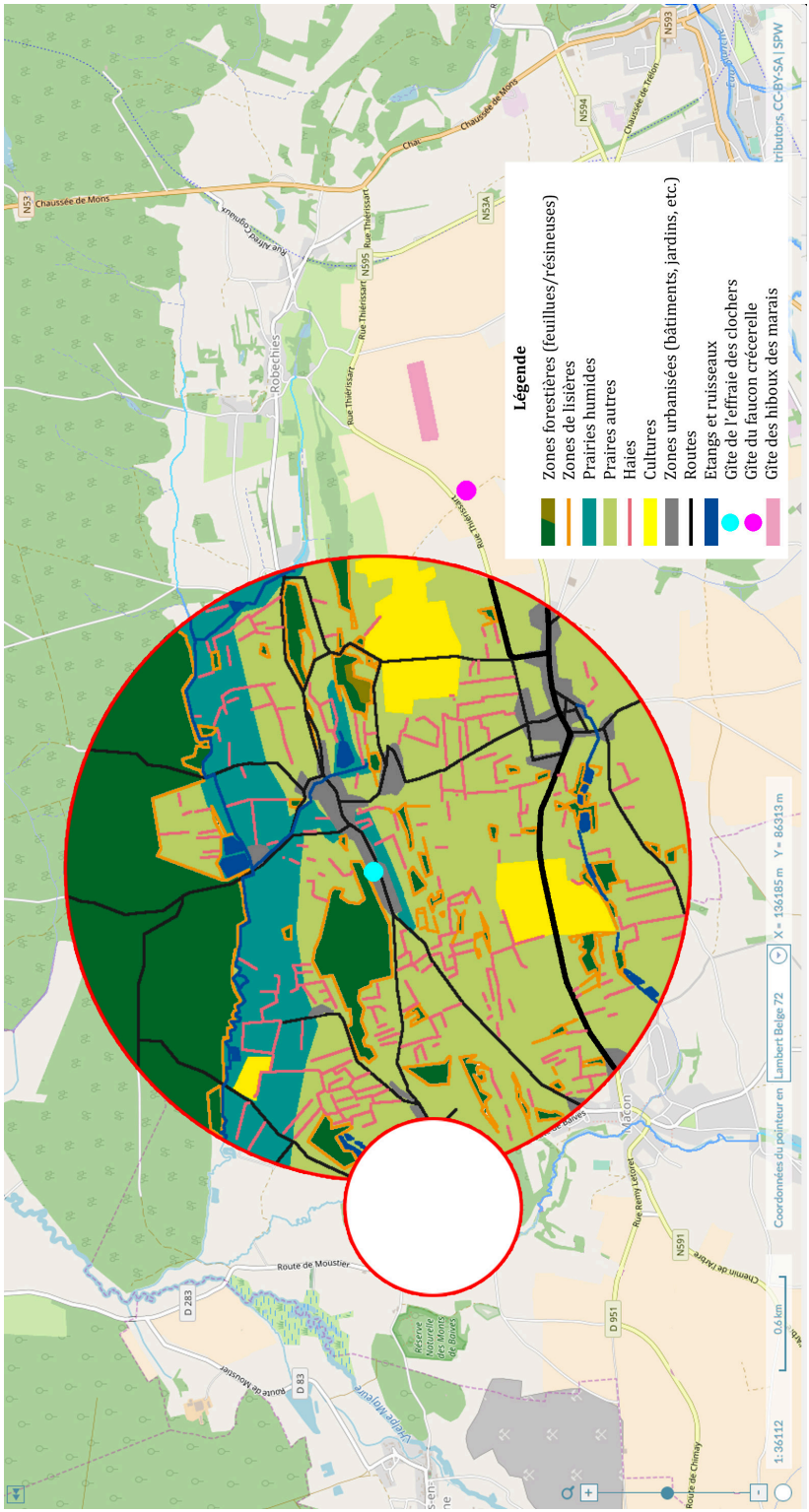

Figure 12 : Occupation du territoire situé 2 km autour du gîte de l'effraie des clochers, à l'exception des 500 m autour d'un autre gîte (fond de l'image : © OpenStreetMap contributors).

Le régime alimentaire de « notre » effraie est-il différent des autres données régionales ?

Globalement, son régime est assez proche de celui que décrit la littérature. Les proies de base de « notre » effraie sont partout consommées en abondance en Europe de l'Ouest. Ses proies d'appoint, de remplacement et occasionnelles sont également souvent signalées comme telle, à l'exception du muscardin, plus rare.

Pour plus de « finesse », on peut comparer les proportions avec celles trouvées par LIBOIS (1984) et provenant de 77 localités situées au sud du sillon Sambre-Meuse-Vesdre (pelotes récoltées en toutes saisons dans lesquelles 56 146 proies ont été identifiées) :

Le tableau montre une certaine cohérence. On note, tout de même, quelques différences plus significatives qui pourraient être dues à la petite taille de notre échantillon ou aux fluctuations naturelles d'abondances. Les années 2017 et 2018 peuvent avoir été des années « hors norme ». D'autres hypothèses, même si l'exercice est périlleux et peu rigoureux, peuvent être émises :

- campagnol souterrain (1 % contre 4,1 %) : assez hétérogène dans ses habitats, les alentours du village devraient le favoriser. Il pourrait s'agir d'une régression générale de l'espèce en Région wallonne. LIBOIS (2006) signale cette possibilité dans les résultats d'autres études de lots de pelotes wallonnes où l'espèce est devenue moins abondante.

ESPÈCE	*BAILIÈVRE*	*SUD DU SILLON SAMBRE-MEUSE-VESDRE*
TAUPE D'EUROPE	0,00	0,17
CAMPAGNOL AGRESTE	4,77	9,37
CAMPAGNOL DES CHAMPS	18,31	19,58
CAMPAGNOL ROUSSÂTRE	3,12	1,85
CAMPAGNOL SOUTERRAIN	0,97	4,10
"PETIT" CAMPAGNOL SP.	1,75	/
CAMPAGNOL TERRESTRE	4,87	1,44
MUSARAIGNE CARRELET/COURONNÉE	28,24	39,58
MUSARAIGNE MUSETTE	3,89	8,08
MUSARAIGNE BICOLORE	0,00	0,27
CROCIDURA SP.	0,39	/
MUSARAIGNE PYGMÉE	3,89	3,20
MUSARAIGNE AQUATIQUE	0,00	0,98
MUSARAIGNE DE MILLER	0,00	0,26
MUSCARDIN	0,39	0,10
LÉROT	0,00	0,05
MULOT SYLVESTRE/À COLLIER	11,49	7,12
RAT DES MOISSONS	0,78	0,51
RAT NOIR/SURMULOT	3,70	0,27
SOURIS DOMESTIQUE	3,51	1,96
OISEAUX SP.	9,35	1,06
HANNETON COMMUN	0,58	/
AMPHIBIENS	0,0	1,06 *(sur 45986 poires)*
CHIROPTÈRES	0,0	0,06
TOTAL DE PROIES	513	56146

Tableau 6 : Comparaison des proportions (en %) des proies de « notre » effraie des clochers avec les moyennes obtenues à partir des données de LIBOIS (1984) au sud du sillon Sambre-Meuse-Vesdre.

- campagnol terrestre (4,9 % contre 1,5 %) : le pourcentage de cette espèce est passé de 1,8 % durant l'hiver 2016-2017 à 10,4 % durant l'hiver 2017-2018. Ce deuxième chiffre pourrait être dû à une pullulation de cette espèce autour de Bailièvre. Les jardins du village (pour la forme terrestre) et l'abondance de prés humides, de ruisseaux et d'étangs (pour la forme semi-aquatique) lui sont, en tout cas, favorables ;

- musaraigne carrelet/couronnée (28,2 %, contre 39,6 %) : le pourcentage de cette espèce est passé de 12,5 % durant l'hiver 2016-2017 à 56,3 % durant celui de 2017-2018. Les variations saisonnières de cette espèce peuvent être à l'origine de cette différence ;

- musaraigne musette (4,3 %, en y ajoutant les données de Crocidura sp., contre 8,1 %) : cette espèce est plutôt thermophile. Elle apprécie les abords des habitations, les affleurements calcaires, les gravats, etc. Les nombreuses prairies humides sur sol argileux présentes autour du gîte influencent peut-être négativement son abondance ;

- muscardin (0,4 % contre 0,1 %) : le muscardin est une espèce assez rare en Belgique, fréquentant les milieux buissonnants (typiquement les ronciers) des lisières forestières feuillues (où la présence de noisetiers est importante pour son alimentation). Les alentours du village lui sont donc favorables. Il est toutefois assez rare que l'effraie vienne chasser dans ce type de milieu… et en attrape. La littérature confirme cette vision. Par exemple, une étude en Auvergne n'en a trouvé qu'un exemplaire sur 5471 proies identifiées (Rigaux et al., 2008). Dans notre étude, au moins deux pelotes contenaient un muscardin. Ces données sont intéressantes car c'est une espèce bénéficiant du statut de protection intégrale en Région wallonne, mais aussi dans l'Union européenne. Il faut dire que le nombre de localités où elle est encore présente semble en forte diminution ces dernières décennies (Libois, 2006) ;

- mulots sp. (11,5 % contre 7,1 %) : les mulots sont assez liés aux milieux forestiers. La présence de nombreuses lisières aux environs du gîte a certainement favorisé cette proportion élevée ;

- rat noir/surmulot et souris domestique (3,7 et 3,5 % contre 0,3 et 2 %) : ces espèces anthropophiles sont plus nombreuses lorsqu'il y a plus d'infrastructures humaines dans le territoire de l'effraie. Il faut croire que la « nôtre » fréquente assez bien les alentours des maisons et fermes du village. Signalons que le pourcentage de souris est passé de 9,8 % durant l'hiver 2016-2017 à 0,9 % durant l'hiver 2017-2018 (plus rigoureux) ;

- oiseaux sp. (9,4 % contre 1,1 %) : c'est la différence la plus notable. Elle sera traitée dans la suite du texte ;

- amphibiens sp. (0 % contre 1 %) : le milieu présente plusieurs zones où les amphibiens abondent au printemps et en été. Mais la période de production des pelotes (les hivers, durant lesquels ces animaux hivernent) est très probablement la cause de cette absence.

Que peut-on dire de la consommation « élevée » de moineaux ?

Les oiseaux ne représentent généralement qu'une faible proportion des proies des effraies : 1,1 % dans l'étude de Libois (1984), moins de 0,6 % sur 40614 proies en Côte-d'Or (Baudvin, 1983), 2,1 % en Alsace-Lorraine, 0,6 % en Bourgogne, 3 % en Allemagne, 4 % dans le sud-ouest de l'Espagne et 3 % en Belgique (Muller, 1999 ; Vallee, 1999). Dans notre étude : 9,3 % de moineaux domestiques ! Cela peut sembler très surprenant. Pourtant, lorsque l'on y regarde de plus près, on se rend compte qu'il n'en est rien. En effet, les chiffres énumérés ci-avant sont des moyennes provenant de nombreuses récoltes. Or, les mêmes auteurs signalent que, localement, certains individus prennent l'habitude d'aller presque chaque soir « visiter » les dortoirs de moineaux. On trouve des chiffres de : 19 % dans un gîte en Hongrie et en Pologne (Vallee, 1999), 22,8 et 12,5 % pour deux effraies du Bas-Rhin durant l'hiver 1978-79 (Bayle, 1979) et même 77,6 % dans une station des Pyrénées-Orientales (Libois et al., 1983). Le comportement de « notre » chouette n'est donc pas exceptionnel. La littérature signale également que d'autres oiseaux sont capturés par les effraies (étourneau sansonnet, hirondelle rustique, moineau friquet, alouette des champs, rouge-gorge familier… et même effraie des clochers).

La récolte régulière des pelotes permet de faire deux constatations assez intéressantes (Fig. 13). D'une part, la part du moineau dans l'alimentation de « notre » effraie passe de 1,2 % durant l'hivernage 2016-2017 à 25,3 % en moyenne durant l'hivernage 2017-2018, avec une augmen-

tation durant les mois d'hiver. D'autre part, les proportions des proies de base (c. des champs, mulots et m. carrelet/couronnée) suivent un chemin inverse.

Les fluctuations de densités de moineaux domestiques ne peuvent pas expliquer ce constat. En effet, cette espèce est très sédentaire et reste toute sa vie dans un rayon de 1-2 km (GEROUDET, 1998). En un lieu, les fluctuations sont donc principalement dues aux naissances et aux mortalités. De ce fait, les effectifs diminuent constamment jusqu'au printemps où une augmentation se dessine. La courbe de la Figure 13 ne suit donc pas ces variations. Par contre, le sol gelé et la présence d'une couche de neige durant plusieurs journées de janvier et surtout, de février 2018, auraient pu avoir une influence sur la survie des proies de base. Une diminution de celles-ci aurait pu inciter l'effraie à se rabattre sur les oiseaux. Cette augmentation hivernale de la consommation de moineaux a déjà été constatée dans au moins 3 études (LIBOIS, 1984). Le même auteur indique que la part des moineaux a également augmenté lors de la sécheresse de 1976 et que les études relèvent généralement plus de moineaux dans les pelotes des zones urbaines : en d'autres termes, lorsqu'il n'y a pas assez de proies de base. C'est pourquoi les moineaux peuvent être qualifiés de « proies de remplacement ».

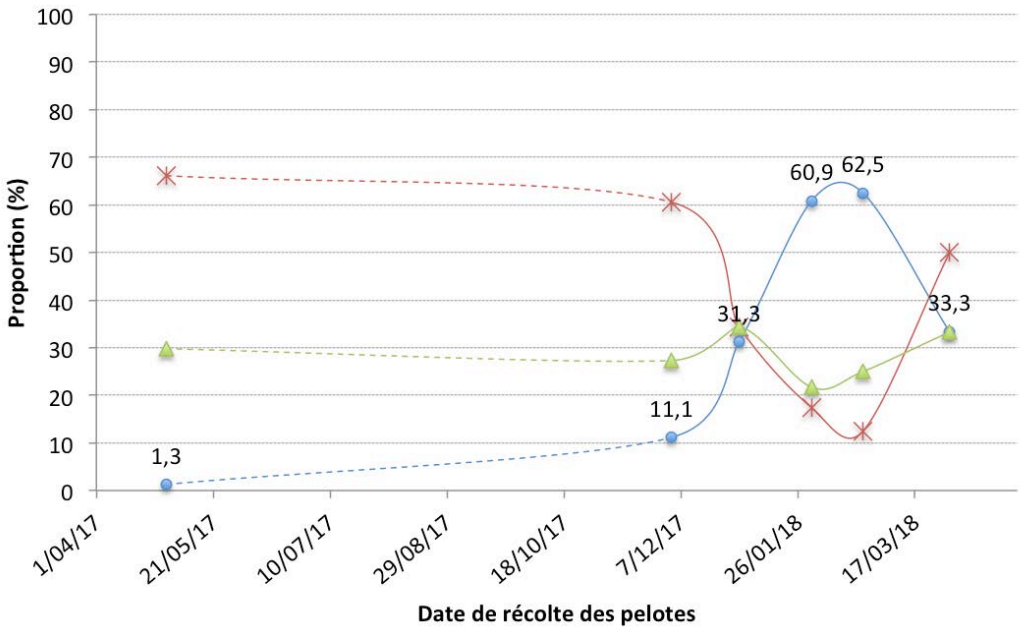

Figure 13 : Évolution au cours du temps de la part des proies de remplacement (moineaux domestiques ; points bleus), des proies de base (étoiles rouges) et des proies d'appoint (triangles verts) dans l'alimentation de l'effraie hivernant à Bailièvre (en pourcentage).

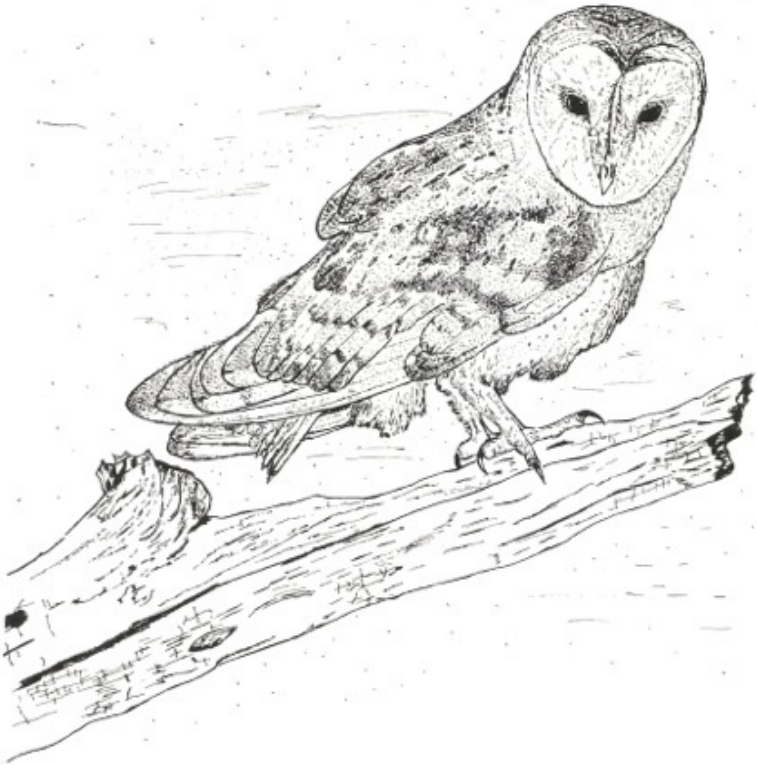

Illustration par T. Dewitte

3.2 LES HIBOUX DES MARAIS

Quelles sont, globalement les proies de « nos » hiboux des marais ?

On remarque tout de suite que le régime alimentaire des hiboux des marais (également appelé brachyote) est beaucoup plus pauvre que celui de l'effraie (Fig. 14). Une première explication à ce constat pourrait être le plus petit nombre de pelotes récoltées (24 contre au moins 140 pour l'effraie). Mais il est beaucoup plus probable que cela soit dû aux habitudes de l'espèce, car le hibou des marais ne chasse que dans des milieux très ouverts. Contrairement à l'effraie, il ne fréquente pas les lisières forestières, les bocages, les jardins ruraux et les alentours des bâtiments. Le nombre d'espèces potentiellement rencontrées est donc beaucoup plus faible. Sous nos latitudes, il se nourrit presque exclusivement de campagnols des champs : 94,8 % en Allemagne (sur 2 612 proies ; Uttendörfer, 1952), 98 % en Picardie (sur 1 950 proies ; Chaline et al., 1974), 97 % en Champagne (sur 481 proies ; Rilos et al., 1976), etc. Le reste est composé d'autres micrommamifères et de quelques rares oiseaux et insectes. Les 89 % de campagnols de notre étude sont donc finalement « faibles ».

Cela est peut-être dû au petit échantillonnage. Le hasard a voulu que l'on trouve les pelotes qui contenaient des proies inhabituelles.

Cela est peut-être aussi dû à la région. En effet, une autre récolte effectuée durant l'hiver 2015-2016 non loin de Bailièvre (à Petite-chapelle ; à 19 km du dortoir étudié), a permis la récolte de 18 pelotes. Il n'y avait « que » 94 % de campagnols des champs (ainsi que 2 % de mulots et 4 % d'oiseaux ; Dewitte, 2017).

Une troisième explication est que l'on se soit trompé dans l'espèce-prédaterice pour certaines

pelotes. Sur les 24 récoltées, une seule contenait les 2 seuls mulots identifiés et des plumes d'oiseaux. Cette pelote étonnante pourrait avoir été produite par l'un des busards Saint-Martin qui partageaient le champ de colza. Etant donné que les pelotes de ces deux espèces ont la même taille (en longueur et en largeur) et un aspect global similaire, une confusion aurait pu avoir lieu. Ces rapaces diurnes possèdent un régime alimentaire plus éclectique, très variable d'une région à une autre, avec une propension plus marquée pour la capture des oiseaux (Geroudet, 2000). Par exemple, une étude menée sur des pelotes de busards Saint-Martin hivernants dans le Cantal montre que le campagnol des champs représente 96 % des proies et les oiseaux 3,5 % ; alors qu'un seul mulot et 2 musaraignes sont trouvés (sur plus de 1500 proies ; Riols, 2006). Un travail similaire effectué dans le domaine de Lagland a donné 85 % de campagnols agrestes et 15 % des champs (Moïs, 1975). Sur 39 pelotes (récoltées en mars-avril), 9 contenaient des restes d'oiseaux non identifiés (plumes et/ou os). En Ecosse, Marquiss (1980) a trouvé 80 % de passereaux, 2 % de limicoles et 18 % de micromammifères (dans 78 pelotes récoltées en mars dans une localité A) et 54 % de lagomorphes, 12 % de micromammifères, 15 % de lagopèdes des saules, 8 % de galliformes et 11 % de passereaux (dans 20 pelotes récoltées en février, dans une localité B).

En-dehors du gîte de nidification, une erreur sur le « propriétaire » peut survenir plus souvent que l'on pourrait l'imaginer. Par exemple, un dortoir à hibou moyen-duc, situé à une dizaine de kilomètres de Bailièvre a accueilli un hibou des marais pendant quelques jours durant le mois de janvier 2019. Ce fait rarissime, s'il n'avait pas été observé par un ornithologue régional, aurait pu biaiser une éventuelle analyse de pelotes.

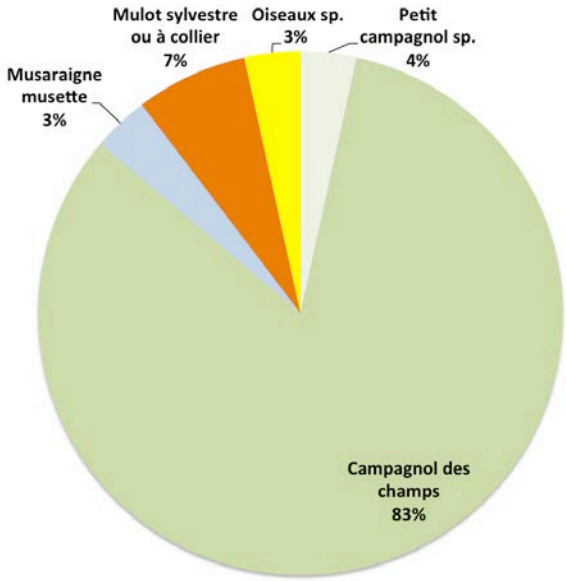

Figure 14 : Répartition des proies retrouvées dans les pelotes de hiboux des marais et récoltées sur le plateau de Salles en 2018.

Quelle est la consommation journalière de « nos » hiboux des marais ?

Le nombre de proies par pelote semble faible : en moyenne 1,2 (avec une pelote ne contenant que des poils, donc sans proie identifiée). L'hivernage de Petite-Chapelle a donné une moyenne de 2,8 proies/pelotes (Dewitte, 2017). À Romerée (à 28 km de Bailièvre), c'est une nidification en 1967 qui a permis d'avoir 22 pelotes avec une moyenne de 1,5 proie/pelotes (20 campagnols des champs et 13 campagnols agrestes)(Doucet, 1968).
Si l'on compare les pelotes produites sur les perchoirs et celles du champ, on constate une très légère différence : 1,11 proie/pelote « perchoirs » et 1,26 proie/pelote « champ ». Ces chiffres semblent indiquer que les pelotes produites par les brachyotes au gîte sont légèrement plus grandes, comme pour l'effraie. Aucune étude n'a été trouvée dans la littérature afin d'infirmer ou de confirmer cette constatation, peut-être juste due au hasard (vu le faible nombre de pelotes).
Si l'on considère que le hibou des marais régurgite 2 pelotes par jour, cela donne 2,4 proies/jour. Cela est inférieur à ce qu'en dit Geroudet (2000) avec une moyenne de 3 campagnols (de 2 à 6) par jour. Le petit nombre de pelotes étudiées en est peut-être la cause. À moins que les conditions hivernales assez rudes du mois de février n'aient empêché les hiboux de « manger à leur faim ».

Figure 15 : Pelote de hibou des marais avant et après décortication.

Quel est le territoire de chasse de « nos » hiboux des marais ?

Le hibou des marais est assez exigeant. Il lui faut un milieu très ouvert. Dans notre cas, il s'agira principalement des zones de cultures et des grands blocs de prairies souvent amendés, sans pentes marquées et avec peu de haies (nommés « Champs » et « Prairie intensive » dans la Figure 16). Tous ces milieux propices se trouvent sur le plateau agricole de la Calestienne où le sol, non argileux (contrairement à la dépression de la Fagne située à 1 km au nord du dortoir) et profond convient bien aux campagnols des champs. Un rayon de 4 km autour du champ de colza peut être tracé, au-delà duquel il y a beaucoup moins de chance que les hiboux se soient aventurés. Si l'on y ajoute les observations faites lors des sorties sur le terrain (une dizaine de soirées), on imagine assez facilement les zones prospectées par les hiboux :

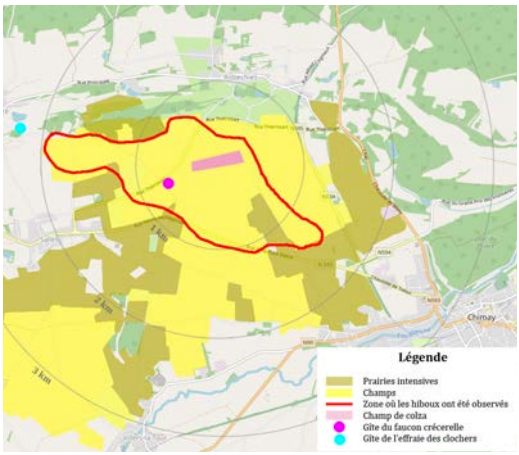

Figure 16 : Occupation du territoire de chasse potentiel des hiboux des marais (fond de l'image : © OpenStreetMap contributors).

S'agissait-il d'une année de pullulation de campagnols des champs ?

Les hiboux des marais ont tendance à stationner (dortoirs et lieux de nidification) là où leurs proies de base sont présentes en abondance. Ces oiseaux ne sont pas philopatriques (ils ne cherchent pas à revenir à l'endroit où ils sont nés). Ce sont des nomades. Pourtant, ce n'était pas la première fois que des brachyotes profitaient des paysages ouverts de ce plateau agricole. Des dortoirs d'hivernants avaient déjà été signalés en janvier et février 2010 (jusqu'à 7 individus) et en février 2015 (6 individus). Ces années de présence sont espacées les unes des autres par un facteur 3. Il pourrait s'agir des années de prolifération du campagnol des champs (habitué aux cycles triennaux). Toutefois, pour en être sûr, il faudrait faire des prospections annuelles pour constater la présence/absence des hiboux des marais et en parallèle, des piégeages de campagnols pour vérifier la correspondance avec les pullulations.

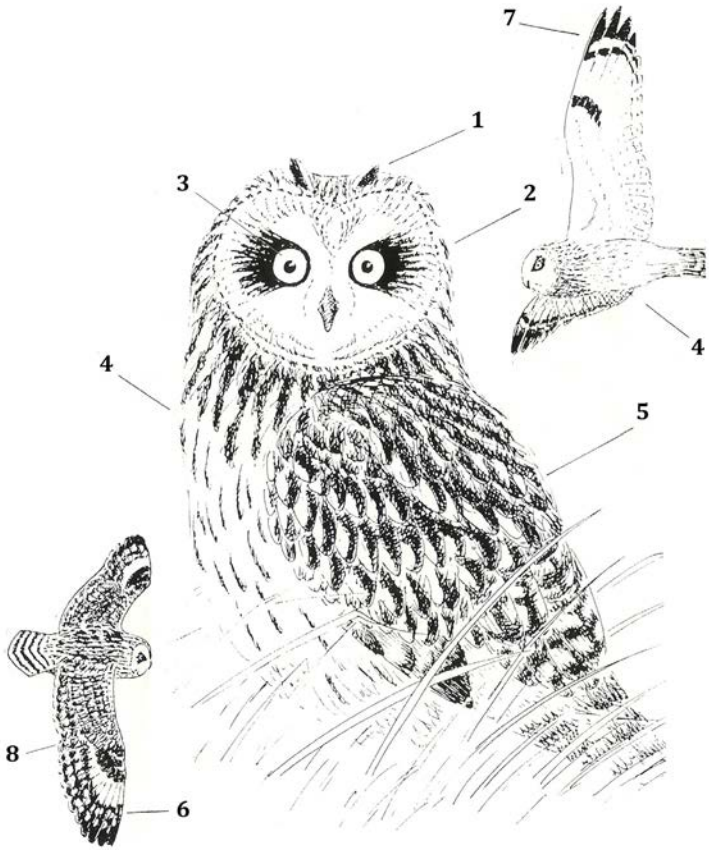

Figure 17 : Hibou des marais. Se différencie du moyen-duc par : la présence d'aigrettes très courtes (1), un contraste marqué entre le masque facial clair et le contour des yeux noir (2), l'iris jaune et non orange (3), une poitrine striée et un ventre très clair (4), le dessus du corps avec des motifs contrastés et non finement ponctués (5), le poignet et les barres alaires bien marqués au-dessus des ailes (6), les pointes du dessous des ailes noires et non finement barrées (7) et la présence d'un bord de fuite blanc (8)(modifié de DEWITTE, 1992).

3.3 LE FAUCON CRÉCERELLE

La crécerelle se nourrirait en moyenne de 2 à 3 campagnols par jour (Uttendoerfer, 1939). Vu qu'elle ne produit qu'une pelote par jour, au petit matin (Village, 1990), on pourrait imaginer retrouver les restes osseux de ces 2-3 micromammifères dans chaque pelote. Or, on remarque tout de suite que les résultats sont assez fragmentaires (Fig. 18). Cela est dû au démembrement des proies avant ingestion (la têtes et certains des grands os sont rarement ingérés) et à la très grande décomposition des os par les sucs digestifs : la crécerelle est en catégorie 4 (revoir le chapitre 2.1 de la première partie).
Douze pelotes (sur les 38) ne contenaient presque uniquement que des poils et aucun os provenant de la tête d'un micromammifère. Quatre autres pelotes contenaient seulement des dents isolées ! Dans toutes les pelotes, ni mandibule ni crâne n'ont été retrouvés entiers. C'est pourquoi l'identification jusqu'à l'espèce n'a pas été souvent possible.

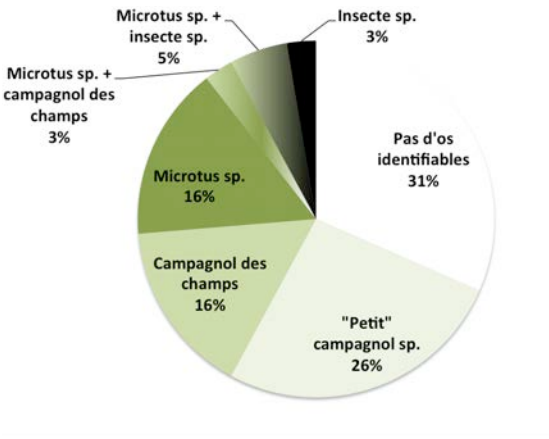

Figure 18 : Répartition des pelotes du faucon crécerelle hivernant sur le plateau de Salles durant février 2018 en fonction de leur contenu.

On remarque quand même que le campagnol des champs semble être une proie privilégiée. Notez que les « Microtus sp. » sont très probablement de cette espèce (le campagnol agreste, l'autre Microtus, n'étant pas dans un milieu qui lui convienne sur le plateau agricole). Quelques fragments d'élytres (peut-être de perce-oreilles) ont aussi été retrouvés dans 3 pelotes, malgré le fait qu'elles aient été produites en hiver. Cela montre que la crécerelle ne néglige pas ce genre de proies.
Si l'on compare nos résultats à la littérature, on retrouve des correspondances. Il est signalé que les rongeurs constituent leur principale source alimentaire (surtout les campagnols). À cela s'ajoutent quelques oiseaux (surtout dans les milieux urbains), des musaraignes, des insectes (non négligeables au printemps et en été) et quelques rares lézards (surtout dans le sud de l'Europe et en Irlande), amphibiens, taupes, léporidés, etc. (Korpimäki, 1985). Une étude sur des pelotes prélevées en hiver dans la région de Paris a donné 86,6 % de petits rongeurs ; 9,3 % d'insectes ; 2,1 % d'oiseaux ; 1,2 % de musaraignes et 0,7 % de rat surmulot (Thiollay, 1963). Notons que cet auteur a identifié jusqu'au niveau spécifique seulement 71 proies sur les 353 récoltées ; les autres étaient classées dans des catégories de niveau supérieur (telles que « campagnols sp. »), probablement par difficulté de détermination. Dans son étude, Village (1982) a également préféré parler de : « campagnols, musaraignes, oiseaux, coléoptères, vers de terre et autres (grenouilles, lézards, sauterelles et hétérocères) » et de présence/absence de ceux-ci dans les pelotes (plutôt que d'essayer de quantifier le nombre d'individus). Toutefois, il est allé plus loin dans leur détection, allant jusqu'à l'utilisation des poils des mammifères et des soies des vers. Grace à cela, on constate que les pelotes de crécerelles sont plus « riches » en proies que l'on ne pourrait l'imaginer (Fig. 19). Il est possible que, en « poussant » l'analyse de cette manière (et avec l'acquisition d'une certaine expertise), le contenu des pelotes de « notre » faucon aurait été plus riche en observations.
En ce qui concerne le territoire de chasse, la Figure 16 montre que le dortoir de « notre » crécerelle est entouré de cultures. Celui-ci n'a certainement pas été chassé au-delà de ces milieux qui lui sont proches et favorables.

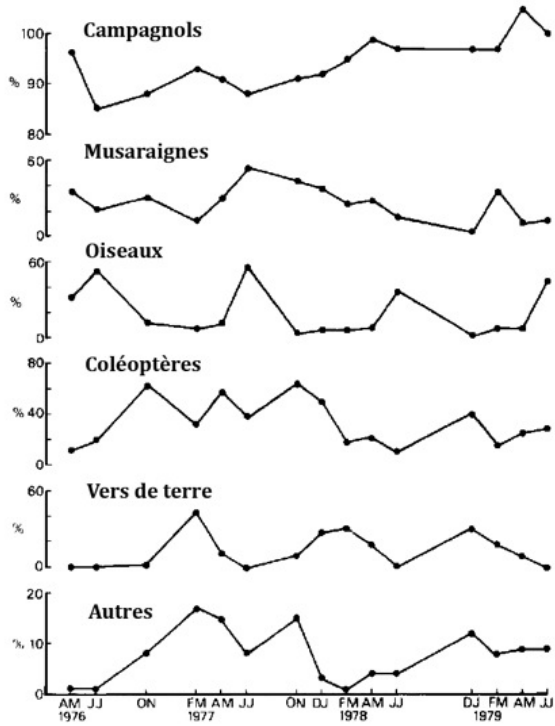

Figure 19 : Variation au cours du temps des proportions de présence de différentes proies dans les pelotes de faucons crécerelles dans le sud de l'Écosse (sur 1414 pelotes récoltées par périodes de deux mois dans deux milieux différents)(modifié d'après VILLAGE, 1982).

4. PERSPECTIVES

Au-delà des informations exposées ci-dessus, le présent article poursuivait deux autres objectifs. D'une part, le fait de développer tous les cheminements conduisant à la production de résultats permet de mieux comprendre tout ce qui doit être fait en amont des informations que nous livre « sur un plateau d'argent » la littérature. On comprend vite que les données chiffrées des livres et articles sont très souvent issues d'un grand nombre de suppositions, interprétations, retraits de données « aberrantes », utilisation de chiffres provenant d'autres sources (elles-mêmes simplifiées), etc. De plus, ces mêmes données ne sont très souvent valables que pour un lieu donné, une période donnée, une situation donnée, un individu donné, etc. Tout cela peut mener à des simplifications abusives (chez l'auteur et/ou chez le lecteur). En matière du vivant, il faut être prudent et critique !

D'autre part, il s'agissait de montrer la richesse des informations contenues dans quelques simples « boules de poils et d'os ». On a vu qu'il y avait moyen d'en « extraire » pas mal de choses, parfois très intéressantes. Ce type de démarche analytique partant des observations/découvertes de terrain, peut être très enrichissante. Elle nous force à nous poser de nombreuses questions, à consulter la littérature, à interroger « les spécialistes », à retourner sur le terrain… bref, à s'intéresser à la nature qui nous entoure. Et cela est le premier pas vers sa protection…

REMERCIEMENTS

Merci à Stéphane Claerebout pour la récolte des pelotes d'effraie des clochers et pour sa relecture, ainsi qu'à Isabelle Pierdomenico pour sa relecture.

Bibliographie

Andrews, P. & Cook J. [1990]. *Owls, Caves and Fossils*. Natural History Museum Publications, London, 231 p.

Andrews P. & Fernandez-Jalvo Y. [2018]. Seasonal variation in prey composition and digestion in small mammal predator assemblages. *International Journal of Osteoarchaeology*, **28(3)**:1-14.

Bailon S. [1999]. *Différenciation ostéologique des anoures* (*amphibia, anura*) *de France* – Fiches d'ostéologie animale pour l'archéologie (Série C : Varia), Centre de Recherches Archéologiques du CRNS - APDCA, Antibes, 41 p.

Baudvin H. [1983]. Le régime alimentaire de la Chouette effraie (*Tyto alba*). *Le Jean-le-Blanc*, 22:1-108.

Baudvin H., Genot J.C. & Muller Y. [1995]. *Les rapaces nocturnes*. Sang de la terre, Paris, 302 p.

Bayle P. [1979]. Etude comparée du régime alimentaire de la Chouette effraie (Tyto alba) en 2 localités d'Alsace; un cas de prédation sur les Oiseaux. *Ciconia*, **3(3)**:133-145.

Bersuder D. & Kayser Y. [1988]. La prédation des chiroptères par la chouette effraie (*Tyto alba*) en Alsace et dans les contrées limitrophes. *Ciconia*, **12**:91-102.

Brown R, Ferguson J., Lawrence M. & Lees D. [2005]. *Guide des traces et indices d'oiseaux*. Delachaux et Niestlé, Paris, 333 p.

Brugal J.-P., Dauphin Y. & Denys C. [2015]. Processus taphonomiques et diagénétiques : quelques exemples. In : Balasse M., Brugal J.-P., Dauphin Y. Geigl e.-M., Oberlin C. & Reiche I. *Messages d'os : Archéométrie du squelette animal et humain*. Édition des archives contemporaines. Paris, France. 95-112.

Cacciani F. [2004]. *Etude de micromammifères proies dans les pelotes de régurgitation de rapaces nocturnes d'Afrique tropicale. Intérêts biogéographique et taphonomique*. Thèse de doctorat, faculté de médecine de Créteil, 118 p.

Caublot G. & Melbeck D. [2010]. *Pelotes ! Décortiquer et déterminer* – Les cahiers techniques de la Gazette des terriers. Fédération des clubs CPN, Boult-aux-bois, 98 p.

Chaline J., Baudvin H., Jammot D. & Saint Girons M.-C. [1974]. *Les proies des rapaces (petits mammifères et leur environnement).* Doin, Paris, 141 p.

Charissou I. [1999]. *Clé ossements amphibiens*, GMHL et CPN, 6p. http://www.fcpn.org/activites_nature/activites-animaux/oiseaux/dossier-pelotes/cle-ossements-amphibiens/download (consulté le 03/08/2018).

Ciach M. [2006]. Common Cockchafer *(Melolontha melolontha; Coleoptera : Scarabaeidae)* in the diet of long-eared Owl *(Asio otus). Buteo*, **15**: 23-25.

Clesse B. & Dewitte TH. [1997]. *Pelotes de réjection et micromammifères en Belgique* – Mémoire n°7. Cercles des Naturalistes de Belgique, Vierves-sur-Viroin, 44 p.

Clesse B. & Dewitte TH. [2002]. *Clé de détermination des crânes de micromammifères de Belgique.* Cercles des Naturalistes de Belgique, Vierves-sur-Viroin, 14 p.

Cuisin J. [1989]. *L'identification des crânes de passereaux (Passeriformes : Aves)*. Thèse de doctorat, université de Bourgogne, 340 p.

Dewitte TH. [1992]. Le Hibou des marais - dossier. *Le Viroinvol*, **1-2**: 8-16.

Dewitte TH. [2017]. Premier cas d'hivernage du Hibou des marais (*Asio flammeus*) sur le plateau ardennais du sud de l'Entre-Sambre-et-Meuse. La Grièche, **48**: 37-46.

Dodson P. & Wexlar D. [1979]. Taphonomic investigations of owl pellets. *Paleobiology*, **5**: 275-284.

Doucet J. [1968]. Un cas de nidification du hibou des marais (*Asio flammeus*) dans l'Entre-Sambre-et-Meuse. *Bulletin Aves*, **5(2)**: 69-75.

Duke G.E., Jegers A.A., Loff G. & Evanson O.A. [1975]. Gastric digestion in some raptors. Comparative Biochemistry and Physiology. **50(4)**:649-656.

Duquet M. [2004]. *Glossaire ornithologique*. Delachaux et Niestlé, Paris, 256 p.

Fernandez-Jalvo Y., Andrews P., Denys C., Sese C., Stoetzel E., Marin-Monfort D. & Pesquero D. [2016]. Taphonomy for taxonomists: Implications of predation in small mammal studies. *Quaternary Science Reviews*, **139**:138-157.

Geroudet P. [1998]. *Les passereaux d'Europe – Tome 2*. Delachaux et Niestlé, Lausanne - Paris, 512 p.

Geroudet P. [2000]. *Les rapaces d'Europe – diurnes et nocturnes*. Delachaux et Niestlé, Paris, 446 p.

Glue, D.E. [1971]. Avian predator pellet analysis and the mammalogist. *Mammal Review*, **21**:200–210.

Glue D.E. [1974]. Food of the Barn Owl in Britain and Ireland. *Bird Study*, **21(3)**: 200-210.

Juillard M. [1984]. *La chouette chevêche*. Nos oiseaux, Prangins, 243 p.

Korpimäki E. [1985]. *Diet of the Kestrel Falco tinnunculus in the breeding season.* Ornis Fennica, **62**:130-137.

Laudet F. & Selva N. [2005]. Ravens as small mammal bone accumulators: First taphonomic study on mammal remains in raven pellets. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **226**:272– 286.

Lenglet G. [1974]. Clef de détermination des crânes de carnivores de Belgique. *Les Naturalistes belges*, **55(4)**: 196-208.

Lenglet G. [1975]. Clef de détermination des crânes de chiroptères de Belgique. *Les Naturalistes belges*, **56(8)**: 277-296.

Lenglet G. [1976]. Clef de détermination des crânes d'insectivores de Belgique. *Les Naturalistes belges*, **57(8-9)**: 165-179.

Libois R.M. [1975]. La détermination des petits mammifères belges (Chiroptères exceptés) en main et d'après les restes crâniens présents dans les pelotes de réjection des rapaces. *Les Naturalistes belges*, **56(6)**: 165-187.

Libois R.M., Fons R. & Saint-Girons M.C. [1983]. Le régime alimentaire de la Chouette effraye (*Tyto alba*) dans les Pyrénées-Orientales. Etude des variations écologiques. *La Terre et la Vie*, **37**:187-217.

Libois R.M. [1984]. Le régime alimentaire de la chouette effraie. Thèse de doctorat. *Cahier d'Éthologie appliquée*, **4(2)**: 1-201.

Libois R.M. [2006]. *L'érosion de la biodiversité - les mammifères (État de l'environnement wallon)*. Région wallonne et ULg, 127 p.

Lowe, V. P. W. [1980]. Variation in digestion of prey by the tawny owl (*Strix aluco*). *Journal of Zoology*. **192**:283-293.

Marquiss M. [1980]. Habitat and diet of male and female Hen Harriers in Scotland in winter. *British Birds*, **73**: 555-560.

Mikkola H. [1983]. *Owls of Europe*. Poyser, Calton, 397 p.

Moïs, C. [1975]. Etude d'un dortoir hivernal de Busards Saint-Martin (*Circus cyaneus*) en Lorraine belge. Bulletin Aves, **12(3)**: 130-159.

Moreno E. [1985]. Clave osteologica para la identificacion de los passeriformes ibericos – *Aegithalidae, Remizidae, Paridae, Emberizidae, Passeridae, Fringillidae, Alaudidae. Ardeola,* **32(2)**: 295-377.

Moreno E. [1986]. Clave osteologica para la identificacion de los passeriformes ibericos – *Hirundinidae, Prunellidae, Sittidae, Certhiidae, troglodytidae, Cinclidae, Laniidae, Oriolidae, Corvidae, Sturnidae, Motacillidae. Ardeola,* **33(1-2)**: 69-129.

Muller Y. [1999]. *L'Effraie des clochers*. LPO, Eveil Nature, 72 p.

Pailley M. & Pailley P. [2000]. Le régime alimentaire de la chouette effraie *Tyto Alba* en Maine-et-Loire. Crex, **5**:41-53.

Petty S.J. [1999]. Diet of tawny owls (*Strix aluco*) in relation to field vole (*Microtus agrestis*) abundance in a conifer forest in northern England. *Journal of zoology*., **248**: 451-465.

Raczynski J. & Ruprecht A. [1974]. The effect of digestion on the osteological composition of owl pellets. *Acta ornithologica*, **14(2)**: 25-38.

Rigaux P. & Riols C. [2008]. Régime alimentaire de l'Effraie des clochers (*Tyto alba*) à Courpière de Dore (Puy-du-Döme). *Le Grand-Duc*, **73**: 27-29.

Rilos C. & Varnier R. [1976]. Pré-hivernage du hibou des marais (*Asio flammeus*) dans la Marne. *Bulletin de liaison du C.O.C.A.*, **10**:44-45.

Riols R. [2006]. Régime alimentaire du Busard Saint-Martin (*Circus cyaneus*) en période inter-nuptiale sur la Planèze de Saint-Flour. *Le Grand-Duc*, **71**: 11-12.

Southern H.N. [1954]. Tawny Owls and their prey. *Ibis*, **96(3)**:384-410.

Thiollay J.-M. [1963]. Notes sur le régime alimentaire du Faucon crécerelle Falco tinnunculus en hiver. *Nos oiseaux*, **27(2)**:71-73.

Uttendörfer O. [1939]. *Die Ernährung der deutschen Raubvögel und Eulen und ihre Bedeutung in der heimischen Natur.* Neumann, 422 p.

Uttendörfer O. [1952]. *Neue Ergebnisse über die Ernährung der Greifvögel und Eulen*. Ulmer, Stuttgart & Ludwigsburg, 232 p.

Vallee J.-L. [1999]. *La chouette effraie*. Les sentiers du naturaliste, Delachaux et Niestlé, Lausanne, Suisse, 192 p.

Village A. [1982]. T*he diet of Kestrels in relation to vole abundance*. Bird Study, 29:129-138.

Village A. [1990]. *The kestrel*. T&AD Poyser, 351 p.

Wijnandts H. [1984]. Ecological Energetics of the Long-Eared Owl (Asio Otus). *Ardea*, **72**:1-92.

Zarybnicka M., Riegert J. & St'astny K. [2011]. Diet composition in the Tengmalm's Owl Aegolius funereus : a comparaison of camera surveillance and pellet analysis. *Ornis Fennica* **88**:147-153.

http://www.afblum.be/bioafb/clemandi/clemandi.htm (consulté le 03/08/2018)

http://www.afblum.be/bioafb/clecrane/clecrane.htm (consulté le 03/08/2018)

http://maps.elie.ucl.ac.be/lifewatch/ecotopes.html (consulté le 29/01/2019)