ÉTUDE DES MOUVEMENTS D’OISEAUX PAR RADAR
- ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES -

Novembre 2008
Introduction

L’utilisation du radar pour la détection des oiseaux et le suivi de leurs déplacements a été développée dans plusieurs pays (Pays-Bas, Danemark, Allemagne, Etats-Unis...). En France, GREET Ing, devenu depuis BIOTOPE / GREET utilise cette technique depuis 2003 dans le cadre des études préalables à l’installation de parcs éoliens. Près d’une cinquantaine de sites ont déjà fait l’objet d’un suivi par radar au cours de ces cinq dernières années. Aucune compilation ni synthèse de ces données n’a pour l’instant été présentée.

La Ligue pour la Protection des Oiseaux a demandé à l’agence BIOTOPE / GREET de produire une analyse des données existantes de manière à alimenter les travaux en cours sur l’éolien et la biodiversité et de compléter les informations collectées par le plan national « migration ».

ÉTUDE DES MOUVEMENTS D’OISEAUX PAR RADAR
- ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES -

Sommaire

I. OBJECTIFS DE L’ÉTUDE ........................................................................................................... 5

II. TYPOLOGIE DES MOUVEMENTS D’OISEAUX ................................................................ 6
II.1. LES MOUVEMENTS MIGRATOIRES ............................................................................... 6
    II.1.1. Les mouvements migratoires diurnes .................................................................. 6
    II.1.2. Les mouvements migratoires nocturnes .......................................................... 7
    II.1.3. Les mouvements de fuite ................................................................................... 7
    II.1.4. Les mouvements locaux .................................................................................... 8
II.2. L’ALTITUDE DE VOL DES OISEAUX ........................................................................... 8

III. ASPECTS METHODOLOGIQUES ......................................................................................... 10
III.1. SOURCES DES DONNEES ............................................................................................ 10
III.2. METHODE D’ÉTUDE DE L’AVIFAUNE PAR RADAR ................................................ 10
III.3. METHODES ET LIMITES DES ETUDES PAR RADAR ................................................ 12
    III.3.1. Apports des études par radar .......................................................................... 12
    III.3.2. Limites de l’étude par radar ........................................................................... 13
    III.3.3. Exploitation des résultats .............................................................................. 14
III.4. BASE DE DONNEES RADAR ....................................................................................... 15
III.5. LIMITES DE LA PRESENTE ANALYSE ........................................................................ 15
III.6. CONDITIONS DES OBSERVATIONS .......................................................................... 16
    III.6.1. Sites étudiés par radar .................................................................................... 16
    III.6.2. Durée et période d’observation .................................................................... 17

IV. TAILLE DES FLUX DÉTECTÉS PAR RADAR .................................................................... 20
IV.1. DIFFERENCES INTER SITES ....................................................................................... 20
Étude des mouvements d'oiseaux par radar – analyse des données existantes
LPO - BIOTOPE, novembre 2008

IV. ÉVOLUTION JOURNALIÈRE .................................................................................. 27
IV.3. ÉVOLUTION ANNUELLE ................................................................................. 30
IV.4. DIFFÉRENCES ENTRE LES FLUX DIURNES ET NOCTURNES .............................. 31

V. ALTITUDES DE VOL .......................................................................................... 33
V.1. ÉVOLUTION JOURNALIÈRE ................................................................................. 33
V.2. ÉVOLUTION ANNUELLE ...................................................................................... 34

VI. PHÉNOMÈNES PARTICULIERS ......................................................................... 42
VI.1. LES DORTOIRS .................................................................................................. 42
VI.1.1. Les Étourneaux sansonnets .................................................................. 42
VI.1.2. Les Martinets........................................................................................ 43
VI.1.3. Les Hirondelles .................................................................................... 44
VI.1.4. Les Grues cendrées............................................................................... 46
VI.2. L’ARRIVEE A TERRE DES RAPACES MIGRATEURS DANS LE GOLFE DU LION ....... 47
VI.3. LE BAGUAGE DES OISEAUX ......................................................................... 48
VI.4. L’IDENTIFICATION DES TRAJECTOIRES ..................................................... 50

VII. CONCLUSION DE L’ÉTUDE ............................................................................. 51

VIII. BIBLIOGRAPHIE .............................................................................................. 52

Figures :
Figure 1 : Image radar prise en mode de balayage vertical présentée sous forme de graphique, montrant un exemple des mouvements observés au cours d’une nuit .. 11
Figure 2 : L’unité AVISCAN .............................................................................. 12
Figure 3 : Sites étudiés par radar en France......................................................... 16
Figure 4 : Nombre de données disponibles par plage horaire .................................. 17
Figure 5 : Nombre de données disponibles par mois ............................................. 17
Figure 6 : Nombre de données disponibles par période et par département .......... 18
Figure 7 : Nombre de sites suivis par période et par département ............................ 18
Figure 8 : Durée du suivi par radar par site et par saison ....................................... 19
Figure 9 : Importance des flux migratoires diurnes et nocturnes en hivernage .......... 25
Figure 10 : Importance des flux migratoires diurnes et nocturnes en migration prénuptiale .......................................................................................................................... 25
Figure 11 : Importance des flux migratoires diurnes et nocturnes en migration de nidification .................................................................................................................. 25
Figure 12 : Importance des flux migratoires diurnes et nocturnes en migration de migration postnuptiale ........................................................................................................ 26
Figure 13 : Évolution journalière du MTR moyen toutes périodes confondues .......... 27
Figure 14 : Évolution journalière du MTR moyen en période de migration prénuptiale .. 27
Figure 15 : Évolution journalière du MTR moyen en période de migration postnuptiale . 28
Figure 16 : Évolution journalière du MTR moyen au cours de l’année ....................... 29
Figure 17 : Évolution décennale du MTR moyen.................................................... 30
Figure 18 : Évolution décennale du MTR diurne moyen ......................................... 31
Figure 19 : Évolution décennale du MTR nocturne moyen ....................................... 31
Figure 20 : Proportion des flux diurnes et nocturnes (toutes périodes confondues) ...... 31
Étude des mouvements d'oiseaux par radar – analyse des données existantes
LPO - BIOTOPE, novembre 2008

Figure 21 : Évolution mensuelle de la proportion des flux diurnes et nocturnes....... 32
Figure 22 : Évolution journalière des altitudes de vol moyennes toutes périodes
confondues ........................................................................................................ 33
Figure 23 : Distribution verticale des vols en périodes diurne et nocturne ............ 34
Figure 24 : Évolution journalière des altitudes de vol moyennes en période de migration
prénuptiale ........................................................................................................ 35
Figure 25 : Évolution journalière des altitudes de vol moyennes en période de migration
postnuptiale ...................................................................................................... 35
Figure 26 : Évolution mensuelle des altitudes de vol moyennes (jour + nuit) ........ 37
Figure 27 : Évolution mensuelle des altitudes de vol diurnes moyennes.............. 38
Figure 28 : Évolution mensuelle des altitudes de vol nocturnes moyennes ........... 38
Figure 29 : Évolution des altitudes de vol nocturnes au Cap Gris-Nez (62) au cours de la
saison de migration postnuptiale...................................................................... 41
Figure 30 : Vol d’Étourneaux en baie de l’Aiguillon (22 km)............................... 42
Figure 31 : Vol d’Étourneaux en Champagne (12 km)........................................ 43
Figure 32 : Décollage de Martinets (Apus sp) (vers 22h)...................................... 43
Figure 33 : Mouvements nocturnes de Martinets (Apus sp) en “dortoir” au-dessus de la
mer (vers 01h).................................................................................................. 44
Figure 34 : Mouvements d’Étourenaux en soirée, formation du dortoir dans une roselière
.......................................................................................................................... 45
Figure 35 : Décollage d’un dortoir d’Étourenaux à l’aube .................................... 45
Figure 36 : Arrivée des Grues cendrées au lac du Der au crépuscule..................... 46
Figure 37 : Prise d’altitude des rapaces en arrivant au-dessus de la terre.............. 47
Figure 38 : Réponse des Alouettes des champs à la repasse.................................. 48
Figure 39 : Effet de la repasse sur les mouvements nocturnes............................. 49
Figure 40 : Passereaux quittant un site de halte en début de nuit....................... 49
Figure 41 : Exemple de cartographie des trajectoires ........................................ 50

Tableaux :
Tableau 1 : Importance des flux en période prénuptiale..................................... 21
Tableau 2 : Importance des flux en période de reproduction............................. 22
Tableau 3 : Importance des flux en période postnuptiale ..................................... 24
Tableau 4 : Importance des flux en période hivernale ........................................ 24
Tableau 5 : Altitudes de vol au cours des migrations pré et postnuptiales .............. 34
Tableau 6 : Altitudes de vol moyennes et médianes au cours des migrations pré et
postnuptiales ................................................................................................. 36
Tableau 7 : Altitudes de vol par mois ................................................................. 39
I. OBJECTIFS DE L’ÉTUDE

Les objectifs sont multiples :

- présenter la technique de suivi des mouvements d’oiseaux par radar et les différentes applications,
- avoir des indicateurs homogènes et comparables d’un site à l’autre permettant de qualifier un site en terme de flux migratoire,
- disposer d’une cartographie des différents sites étudiés par radar montrant l’intensité du passage migratoire,
- présenter des phénomènes particuliers détectés au cours des suivis par radar.
II. TYPOLOGIE DES MOUVEMENTS D’OISEAUX

II.1. LES MOUVEMENTS MIGRATOIRES.

La France se situe sur deux voies migratoires majeures à l’échelle de l’Europe du Nord-Ouest :

- la voie migratoire dite « atlantique »,
- la voie migratoire dite « vallée du Rhône / Méditerranée.

Ces deux principales voies font partie d’un vaste réseau de voies de déplacements qui relie l’Europe à l’Afrique.

De manière générale, on sépare :

- la migration prénuptiale, qui concerne les Oiseaux qui gagnent les sites de reproduction après avoir hiverné au Sud de l’Europe et en Afrique (directions principales des mouvements : Sud / Nord ; Sud – Ouest / Nord – Est) ;
- la migration postnuptiale, qui prend place après la reproduction des Oiseaux et qui permet aux Oiseaux de rejoindre les quartiers d’hiver (directions principales des mouvements : Nord / Sud ; Nord – Est / Sud – Ouest).

Ces phénomènes affectent l’ensemble des Oiseaux migrateurs à différentes échelles. En effet, tous les Oiseaux ne migrent pas jusqu’en Afrique : certaines espèces du Nord de l’Europe migrent jusqu’au Sud de la mer du Nord (Oies…) et descendent plus au Sud en cas de vagues de froid (mouvements de fuite).

Les périodes de migration varient énormément d’une espèce à l’autre et selon les conditions climatiques. On considère que la migration pré-nuptiale s’étale de fin janvier à mai et que les passages post-nuptiaux débutent fin juin pour se terminer en novembre.

Certaines espèces ne passent que quelques semaines dans nos régions, le temps de pondre et d’élever les jeunes, puis repartent vers le Sud.

Au cours de l’année, on distingue donc :

- la période nuptiale, qui correspond à la recherche du site de nidification, à la parade, la ponte, la couvaison et l’élevage des poussins jusqu’à l’envol ;
- la période internuptiale, qui correspond à la dispersion des jeunes, à la migration postnuptiale, à l’hivernage et à la migration prénuptiale.

II.1.1. LES MOUVEMENTS MIGRATOIRES DIURNES.

Les flux sont très importants et prennent place plus ou moins toute l’année, avec des pics d’abondance assez marqués entre mars et mai et entre juillet et novembre. Plusieurs centaines de milliers d’oiseaux transigent par la France chaque année de jour et peuvent être ainsi dénombrés.

II.1.2. **LES MOUVEMENTS MIGRATOIRES NOCTURNES.**

Outre les espèces de la catégorie précédente, qui peuvent également migrer de nuit en quantité plus ou moins importante, les espèces migrant de nuit sont principalement des Ardéidés, des Anatidés, des Limicoles, des Rallidés et des Passereaux. Parmi ces derniers, les familles les plus importantes sont représentées par les Sylviiidés, les Muscicapidés, les Turdidés, les Alaudidés, etc.

Les flux sont excessivement importants et prennent place à des périodes bien déterminées de l’année, avec des pics d’abondance assez marqués pour chaque espèce ou famille. Le flux migratoire nocturne est de loin supérieur au flux visible : en effet, on estime que plusieurs millions d’oiseaux transitent ainsi par la Manche chaque année. Il est clair qu’en dehors de moyens d’investigation très particuliers comme les radars, le piégeage ou les caméras thermosensibles, il n’est pas possible de percevoir directement ces flux migratoires de manière fiable. Les méthodes indirectes par écoute nocturne ou observation du disque lunaire au télescope s’avèrent partielles et souvent très biaisées.

II.1.3. **LES MOUVEMENTS DE FUITE.**

En cas de conditions météorologiques particulièrement défavorables, vagues de froid hivernales ou tempêtes automnales notamment, des mouvements de fuite importants peuvent se déclencher. Les espèces concernées sont les Anatidés, les Limicoles, les Rallidés, les Rapaces et les Passereaux dans le premier cas, les oiseaux de mer *sensu lato* dans le second.

Les flux peuvent être très importants. Ils prennent place à des périodes bien déterminées de l’année, notamment en octobre - novembre pour les fuites liées aux tempêtes, et entre décembre et février pour les vagues de froid hivernal.

Ces mouvements, exceptionnels, liés à des épisodes météorologiques particuliers, sont importants car ils interviennent à un moment crucial de la survie des individus voire des populations.
II.1.4. LES MOUVEMENTS LOCAUX.

Ces déplacements concernent aussi bien les oiseaux nicheurs, que les migrateurs en transit ou les hivernants. Il s’agit de déplacements à faible distance, le plus souvent à vocation de recherche alimentaire.

Les flux sont très importants et prennent place toute l’année. Leur répartition spatiale ou temporelle est variable avec des modes toutefois récurrents.

Plusieurs dizaines de milliers d’oiseaux sont concernés. Sans investigation complémentaire, il n’est pas toujours aisé ni possible sur le terrain de séparer les mouvements locaux des mouvements migratoires proprement dits.

II.2. L’ALTITUDE DE VOL DES OISEAUX.

Le suivi visuel de la migration pendant près d’une trentaine d’années (littoral de la mer du Nord et de la Manche, col de l’Escrinet, falaises de Carolles, littoral audois, estuaire de la Gironde, cols pyrénéens...) ainsi que les études globales (Eastwood, 1967) ou fines (Spaans & al., 1995 ; 1996; van der Winden & al., 1996 ; van der Winden & al., 1997 ; Dirksen & al., 1995 ; 1996 ; 1997) menées par radar nous renseignent, dans les grandes lignes, sur le comportement des oiseaux en vol.

L’altitude de vol est très variable, selon les espèces, l’heure du jour et les saisons. Les paramètres qui influencent la hauteur à laquelle les espèces migrent sont à la fois intrinsèques aux espèces et extrinsèques.

Parmi les facteurs intrinsèques, on peut signaler que de fortes variations existent au sein des familles ou groupes biologiques.

Les Passereaux migrent généralement à faible altitude le jour et à plus haute altitude la nuit ; ici encore des variations très importantes existent selon les conditions météorologiques et les espèces. On sait notamment grâce aux études fines menées par radar que les oiseaux migrateurs élèvent leur altitude moyenne de vol la nuit par rapport au jour.

Il faut savoir que sans moyen de détection particulier (radar, etc.), la plupart des oiseaux volant à plus de 200 m d’altitude échappe aux observateurs.

De même latéralement, avec un biais évident lié à la taille des espèces et du nombre des individus au sein des groupes, le rayon de détection des espèces en vol peut être estimé raisonnablement à 200 mètres.

On sait aussi, toujours grâce aux études par radar, que les oiseaux volent de manière beaucoup plus concentrée pendant la journée et plus généralement lorsque les conditions de visibilité sont bonnes. A contrario, de nuit les oiseaux volent sur des fronts migratoires beaucoup plus larges (Eastwood, 1967).

Des études plus récentes et beaucoup plus précises ont été menées aux Pays-Bas à l’aide d’un radar de bateau modifié afin de définir les altitudes de migration des oiseaux pour des projets d’aménagement potentiellement meurtriers pour les migrateurs. Ces études...
visaient à connaître les déplacements des Anatidés en fonction de la marée (Spaans & al., 1995 ; 1996), l’altitude des vols nocturnes de canards (van der Winden & al., 1996 ; Dirksen & al., 1997) et de Limicoles (Dirksen & al., 1995 ; 1996 ; van der Winden & al., 1997).
Elles concluent aux faits suivants :

- dans la plupart des sites d’étude, beaucoup d’oiseaux volent à moins de 100 m d’altitude la nuit, fréquemment même à moins de 75 m d’altitude ;
- il existe une tendance générale pour des altitudes de vol plus élevées par vent arrière (vent portant), quelle que soit la saison ;
- il existe également une tendance générale pour des altitudes de vol plus faibles par vent de face, quelle que soit la saison ;
- ces deux dernières observations sont variables selon les sites et les espèces ;
- il existe des différences significatives d’altitude de vol entre les espèces.
III. ASPECTS METHODOLOGIQUES

III.1. SOURCES DES DONNEES

Les données proviennent d’études par radar effectuées à travers toute la France entre 2003 et 2007. Ces études sont :
- des études préalables à l’installation d’éoliennes,
- des suivis par radar de sites d’étude de la migration,
- des phases de test et de calibrage du matériel.

Pour des raisons de confidentialité, les sites ne sont pas nommés mais sont numérotés.

III.2. METHODE D’ETUDE DE L’AVIFAUNE PAR RADAR

Le protocole et le contexte général d’utilisation d’un radar dans les interactions avec les projets éoliens ont été décrits dans un rapport spécifique réalisé pour le compte de l’ADEME (GREET Ingénierie, 2005). Le protocole employé est le fruit d’un travail de trois années de R & D mené en partenariat entre E.E.D. et le GREET Ingénierie, alternant les phases de mise au point et de tests. Il a été décrit de manière complète dans un dossier spécifique (1) réalisé pour l’ADEME.

Le radar permet de détecter et de localiser précisément les mouvements d’oiseaux dans l’espace, de jour comme de nuit, ainsi que de donner une altitude de vol précise pour chaque contact.

Le radar, pour les puissances et longueurs d’ondes utilisées ne modifie pas le comportement de l’avifaune (Bruderer & al., 1999 ; Beason & Semm, 2002).

Nous avons utilisé l’unité mobile d’étude des déplacements d’oiseaux baptisée AviScan. AviScan a été développé en partenariat entre E.E.D2. et GREET Ingénierie, devenu depuis BIOTOPE / GREET.

Son rayon d’action maximum est de 96 milles nautiques. L’échelle la plus utilisée en position horizontale est fixée à 3 milles nautiques ce qui équivaut à 5 556 mètres. Des utilisations à une échelle plus fine ont été faites pour visualiser les déplacements locaux et les comportements particuliers (échelles 0,75 MN et 0,5 MN). En balayage vertical, l’échelle utilisée est 1,5 MN.


2 www.espace-eolien.fr
L’ordinateur d’analyse capture une image radar toutes les minutes (sauf cas particuliers). C’est à partir de cette image que seront effectuées les analyses (calculs des MTR en vertical, numérisation des trajectoires en horizontal).

Les trois principales positions utilisées sont :

- horizontale pour la mise en évidence de la distribution spatiale des oiseaux
- verticale pour la mise en évidence des hauteurs de vol des oiseaux.
- oblique (à 45°) pour la mise en évidence des directions de vol des oiseaux volant à une altitude élevée.

De manière théorique, au cours d’un cycle de 24 heures, les 3 positions du radar sont alternées :

- de jour, le balayage horizontal est privilégié par rapport au balayage vertical (environ 40-45 minutes par heure contre 15-20 minutes pour le vertical) ;
- de nuit, le balayage vertical est utilisé préférentiellement, avec des séances d’une dizaine de minutes par heure en horizontal ou 45°, de manière à établir les directions de vol et les éventuels couloirs de passage.

En réalité, de nuit, le radar a été préférentiellement utilisé en vertical.

Seules les informations collectées en mode de balayage vertical sont analysées automatiquement (logiciel de comptage des échos mobiles) et intégrées dans la base de données « radar ». Ce sont ces informations qui sont utilisées pour la présente analyse. Les données issues du balayage horizontal sont quant à elles éparses et ne sont pour l’instant pas compilées dans une base de données permettant une analyse globale.
III.3. MÉTHODES ET LIMITES DES ÉTUDES PAR RADAR

III.3.1. APPORTS DES ÉTUDES PAR RADAR
L'utilisation du radar permet de décrire avec précision le phénomène migratoire et l'ensemble des déplacements d'oiseaux sur un secteur :

- quantification précise et standardisée des déplacements diurnes et nocturnes ;
- directions de vol ;
- hauteurs de vol ;
- vitesses de vol ;
- différences journalières et saisonnières...

De nuit, le phénomène migratoire échappe à toute observation visuelle. Le radar est donc indispensable pour détecter le flux migratoire nocturne, par ailleurs bien plus important que les mouvements diurnes.

Les applications de l'étude des mouvements d'oiseaux par radar sont nombreuses. Le radar permet à la fois de préciser les mouvements d'oiseaux locaux et renseigne sur la migration nocturne, totalement ignorée jusqu'alors dans la majorité des suivis migratoires, à l'exception de la technique du baguage. Plusieurs échelles de travail sont utilisées :

- À une large échelle, le radar permet d'aborder les grands axes de migration, l'intensité migratoire, les vitesses de vol...
- À une échelle moyenne, il est possible de mettre en évidence le fonctionnement écologique d'un secteur d'étude (zones de repos ou d'alimentation, mouvements locaux...).
- Enfin, à une échelle très fine, le radar permet de cartographier très précisément les axes empruntés par les oiseaux, les hauteurs de vol au-dessus et les angles de décollage / atterrissage des oiseaux.
Le radar constitue donc une source d’information de première importance pour les études d’impact de projets éoliens et les suivis de parcs éoliens existants. Il complète également les suivis de la migration sur les sites suivis par les méthodes ‘classiques’ (observations visuelles, baguage…). Enfin, il apporte des informations sur le fonctionnement écologique des sites (zones de gagnage, dortoirs, mouvements d’oiseaux liés aux marées…).

III.3.2. LIMITES DE L’ETUDE PAR RADAR

Le radar ne permet généralement pas de déterminer les espèces, ni les effectifs de chaque contact (écho ou point radar).

Sauf exception, on ne peut pas différencier un gros oiseau d’un groupe de petits oiseaux en vol compact.

L’unité de comptage est donc l’écho. Il peut parfois s’agir d’échos parasites (Insectes, chauves-souris, phénomènes météorologiques, avions, …). Dans ce cas, les caractéristiques de la trajectoire (vitesse, allure générale, taille, comportement) et l’expérience de l’observateur servent à supprimer les échos parasites.

Les obstacles rencontrés par les ondes radar sont représentés sur l’écran de contrôle par des taches jaunes. Les taches jaunes fixes sont des obstacles immobiles (arbres, reliefs, culture ondulant, vagues…).

Les points jaunes en mouvements (= échos radar) sont des Oiseaux, des Chauves-souris, des avions, des voitures…

Le sillage vert derrière ces cibles mobiles représente les précédentes positions de l’écho. La durée de conservation de ce sillage est réglable. Le sillage permet de matérialiser les trajectoires des échos radar.
III.3.3. EXPLOITATION DES RESULTATS

Seule l’exploitation des résultats issus du balayage vertical est présenté ici.

III.3.3.1. Définition du MTR

Afin de mesurer l'intensité du flux migratoire, on définit le nombre d'échos volant à toutes les altitudes traversant une ligne horizontale fictive d'un kilomètre perpendiculaire au front principal de la migration en une heure (Migration Traffic Rate – MTR ou intensité migratoire horaire). Cette notion est largement utilisée dans la plupart des études radar (Black, 2000b, 2000c ; Cooper, 1998 ; Liechti et Bruderer, 1995 ; Lowery, 1951 ; Riviera et Bruderer, 1998 ; Zehnder et al., 2002 ...).

\[
\text{MTR} = \text{nombre d'échos} / \text{km} / \text{h}.
\]

On a donc utilisé cette notion pour qualifier le flux des déplacements locaux et migratoires, heure après heure.

En additionnant ces différents MTR obtenus à partir du mode de balayage vertical, on a une idée du nombre d'échos qui ont survolé le site d'étude durant la période d'observation.

On peut ainsi estimer le nombre d'échos radar (oiseaux seuls ou groupes) ayant traversé la zone d'étude durant la nuit (entre le coucher et le lever du soleil) en additionnant les différents MTR. On définit ainsi le NMT (Night Migration Total ou intensité migratoire nocturne totale).

Afin d'avoir des valeurs de NMT les plus proches possibles de la réalité, il faut se baser sur des MTR calculés sur les différentes tranches horaires de la nuit. Il faut additionner les différents MTR et non multiplier un MTR obtenu par exemple à 22h.

\[
\text{NMT} = \text{MTR}_{19h} + \text{MTR}_{20h} + \text{MTR}_{21h} + \ldots + \text{MTR}_{5h} + \text{MTR}_{6h} + \text{MTR}_{7h}
\]

Et non 12 x MTRXh, car en effet, l'intensité du flux migratoire varie au cours de la nuit.

On définit également le DMT (Day Migration Total) qui équivaut aux mouvements diurnes et le 24MT (jour + nuit), qui représente le flux total par cycle de 24h (de 12h à 12h).

III.3.3.2. Altitudes de vol

Les altitudes de vol sont mesurées par rapport à l’altitude du radar. Pour la représentation graphique, les altitudes de vol sont regroupées par classe de 100 m. Afin que l’écho soit visible sur l’écran, le radar augmente artificiellement la taille du signal reçu. L’altitude obtenue est donc précise à environ 10-20 mètres près. C’est pour cette raison que les classes d’altitude de 100 m sont utilisées.

Afin de caractériser les altitudes de vol, on définit les altitudes moyennes et médianes (altitude en dessous laquelle 50% du flux est passé).
III.4. BASE DE DONNEES RADAR

L’ensemble des informations collectées par le radar en position verticale est rassemblé dans un tableur Excel. Une donnée correspond à une ligne de ce tableur. Sont notées :

- la période biologique (migration prénuptiale, nidification, migration postnuptiale, nidification, hivernage)
- le mois,
- l’année,
- la décade,
- la date précise,
- la plage horaire (en heure légale et en temps universel TU),
- jour ou nuit (pour chaque décade, la durée du jour et de la nuit est adaptée),
- le site (une position du radar correspond à un site),
- la zone biogéographique (ex : Beauce, basse vallée du Rhône, baie d’Audierne...),
- le département,
- le secteur géographique (façade atlantique, intérieur des terres, Sud-Est de la France...),
- l’altitude de la position du radar,
- la durée de l’enregistrement analysée,
- le MTR total,
- le détail des MTR partiels par plage de 100 mètres de hauteur (0-100m, 100-200m, ... 2700-2800m),
- l’altitude médiane de la plage horaire,
- l’altitude moyenne de la plage horaire,
- le nombre d’échos pris en compte dans l’analyse.

Ces différents champs permettent de faire des requêtes par site, par date, par période...

III.5. LIMITES DE LA PRESENTE ANALYSE

L’estimation des effectifs est effectuée sur la base d’un comptage de tous les échos radar en mouvement enregistrés à un intervalle régulier (en général une minute). Les valeurs sont en réalité beaucoup plus élevées. Un grand nombre de points traversent le faisceau radar pendant cette minute et disparaissent de l’écran de contrôle avant l’enregistrement suivant. Le temps d’apparition d’un écho sur l’écran varie entre 1 et environ 30 secondes selon la taille du point, sa distance au radar et l’angle avec lequel il coupe le faisceau. Les effectifs annoncés sont donc considérés comme des valeurs minimales. Cela ne change cependant pas la répartition altitudinale des flux ni les valeurs des altitudes moyennes et médianes.
L’autre limite réside dans le fait que les données ont été collectées à l’aide d’un seul radar. Cela rend délicate les comparaisons inter sites, les données n’ayant pas été collectées simultanément sur plusieurs sites.

III.6. CONDITIONS DES OBSERVATIONS

III.6.1. SITES ETUDE PAR RADAR

Les emplacements des observations par radar correspondent aux sites sur lesquels BIOTOPE / GREET est intervenu ces cinq dernières années dans le cadre d’études spécifiques. Au total, le radar a été positionné sur 62 sites à travers toute la France.

Figure 3 : Sites étudiés par radar en France
III.6.2. DUREE ET PERIODE D’OBSERVATION

Au total, 5 466 données sont disponibles dans la base des données collectées par le radar en position verticale. Une donnée correspond à une plage horaire d’une heure au cours de laquelle des enregistrements par radar ont été effectués (la durée d’enregistrement au cours d’une heure varie de 1 à 60 minutes). Les 5 466 données correspondent donc en réalité à 3 927 heures d’enregistrements réels réparties sur 424 journées différentes (entre juillet 2003 et novembre 2007). Au total, 2 934 102 échos radar ont été enregistrés et figurent dans la base de données. L’altitude de ces échos est disponible pour 2 677 202 d’entre eux.

Ainsi, près de 200 données ont été collectées entre 12 et 13h, contre 282 entre 20h et 21h TU.

Les mois les plus suivis correspondent aux périodes migratoires pré et postnuptiales. Les mois de juin - juillet (nidification) et décembre – janvier (hivernage) ont fait l’objet de
moins d’études radar. Ces mois correspondent également aux périodes où les oiseaux sont moins mobiles, davantage liés à un territoire (surtout en période de nidification).

<table>
<thead>
<tr>
<th>Département</th>
<th>Hivernage</th>
<th>Migration prénuptiale</th>
<th>Reproduction</th>
<th>Migration postnuptiale</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Aisne</td>
<td></td>
<td>8</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Ardèche</td>
<td>1200</td>
<td>174</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Aube</td>
<td></td>
<td>30</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Cantal</td>
<td></td>
<td>82</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Drôme</td>
<td>171</td>
<td>273</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Eure-et-Loire</td>
<td></td>
<td>422</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Finistère</td>
<td></td>
<td>70</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Haut-Rhin</td>
<td>26</td>
<td>2</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Hérault</td>
<td>129</td>
<td>32</td>
<td>56</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Isère</td>
<td>91</td>
<td>178</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Loire</td>
<td></td>
<td>142</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Loire-Atlantique</td>
<td></td>
<td>415</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Manche</td>
<td></td>
<td>12</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Marne</td>
<td></td>
<td>14</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Morbihan</td>
<td></td>
<td>42</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Nord</td>
<td>50</td>
<td>63</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Pas-de-Calais</td>
<td>477</td>
<td>605</td>
<td>19</td>
<td>431</td>
</tr>
<tr>
<td>Somme</td>
<td>7</td>
<td>135</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Vendée</td>
<td></td>
<td>70</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Yonne</td>
<td></td>
<td>44</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td><strong>TOTAL</strong></td>
<td><strong>534</strong></td>
<td><strong>2 292</strong></td>
<td><strong>86</strong></td>
<td><strong>2 554</strong></td>
</tr>
</tbody>
</table>

*Figure 6 : Nombre de données disponibles par période et par département*

<table>
<thead>
<tr>
<th>Département</th>
<th>Hivernage</th>
<th>Migration prénuptiale</th>
<th>Reproduction</th>
<th>Migration postnuptiale</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Aisne</td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Ardèche</td>
<td>8</td>
<td>5</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Aube</td>
<td></td>
<td>2</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Cantal</td>
<td></td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Drôme</td>
<td>7</td>
<td>8</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Eure-et-Loire</td>
<td></td>
<td>3</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Finistère</td>
<td></td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Haut-Rhin</td>
<td>1</td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Hérault</td>
<td>1</td>
<td>1</td>
<td>1</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Isère</td>
<td>4</td>
<td>4</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Loire</td>
<td></td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Loire-Atlantique</td>
<td></td>
<td>4</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Manche</td>
<td></td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Marne</td>
<td></td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Morbihan</td>
<td></td>
<td>2</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Nord</td>
<td>1</td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Pas-de-Calais</td>
<td>1</td>
<td>1</td>
<td>1</td>
<td>7</td>
</tr>
<tr>
<td>Somme</td>
<td></td>
<td>2</td>
<td></td>
<td>4</td>
</tr>
<tr>
<td>Vendée</td>
<td></td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Yonne</td>
<td></td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td><strong>TOTAL</strong></td>
<td><strong>2</strong></td>
<td><strong>25</strong></td>
<td><strong>3</strong></td>
<td><strong>49</strong></td>
</tr>
</tbody>
</table>

*Figure 7 : Nombre de sites suivis par période et par département*
Durée du suivi radar pour chaque saison sur les différents sites étudiés

Figure 8 : Durée du suivi par radar par site et par saison
IV. TAILLE DES FLUX DÉTECTÉS PAR RADAR

IV.1. Différences inter sites

La différence d’importance du flux migratoire entre les sites est présentée sous deux formes :

- le MTR moyen (de jour, de nuit, total)
- le flux total enregistré (de jour = DMT, de nuit = NMT, total = 24MT)

Les tableaux suivants présentes ces valeurs pour la migration prénuptiale, pour la période de reproduction, pour la migration postnuptiale et pour l’hivernage.

Si la comparaison entre sites via le flux total enregistré est sujette à certaines limites (voir II.5), l’utilisation des MTR moyen permet davantage de comparer l’importance des flux entre différents sites.

On remarque que le MTR moyen est plus important lors de la migration postnuptiale que lors de la remontée prénuptiale. Cela s’explique par la mortalité importante subie par les oiseaux (notamment les individus de l’année) lors de la migration et l’hivernage.

Les flux nocturnes sont toujours supérieurs à ceux notés de jour (voir aussi IV.4), excepté lors de la période hivernale (les mouvements étant très faibles à cette période).

Signalons également que les flux détectés en période de reproduction sont liés :

- de jour, à l’importance des mouvements de recherche de nourriture,
- de nuit, à d’importants mouvements de Martinets (voir VI.1) ainsi qu’à des mouvements migratoires (fin de la migration prénuptiale en mai, début de la migration postnuptiale en juillet).
<table>
<thead>
<tr>
<th>département</th>
<th>n°</th>
<th>J</th>
<th>N</th>
<th>Total</th>
<th>MTR moyen</th>
<th>Flux total</th>
<th>Flux mini</th>
<th>Flux maxi</th>
<th>Ecart-type</th>
<th>Nb heures suivies</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Ardèche</td>
<td>4</td>
<td>506</td>
<td>784</td>
<td>631</td>
<td>21 761</td>
<td>27 456</td>
<td>49 217</td>
<td>0</td>
<td>82</td>
<td>3 720 4 140</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>5</td>
<td>155</td>
<td>294</td>
<td>224</td>
<td>49</td>
<td>2 056</td>
<td>2 105</td>
<td>0</td>
<td>15</td>
<td>1 015 948</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>6</td>
<td>49</td>
<td>228</td>
<td>210</td>
<td>304</td>
<td>506</td>
<td>810</td>
<td>49</td>
<td>52</td>
<td>49 622</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>7</td>
<td>76</td>
<td>169</td>
<td>116</td>
<td>6 973</td>
<td>12 945</td>
<td>19 918</td>
<td>16</td>
<td>89</td>
<td>133 230</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>8</td>
<td>650</td>
<td>268</td>
<td>520</td>
<td>25 338</td>
<td>5 360</td>
<td>30 698</td>
<td>0</td>
<td>5</td>
<td>4 316 1 537</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>9</td>
<td>337</td>
<td>489</td>
<td>407</td>
<td>168 687</td>
<td>212 591</td>
<td>381 278</td>
<td>0</td>
<td>1</td>
<td>4 684 4 535</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>10</td>
<td>93</td>
<td>709</td>
<td>278</td>
<td>654</td>
<td>2 128</td>
<td>2 782</td>
<td>0</td>
<td>373</td>
<td>443 956</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>11</td>
<td>67</td>
<td>642</td>
<td>381</td>
<td>336</td>
<td>3 853</td>
<td>4 189</td>
<td>31</td>
<td>516</td>
<td>111 795</td>
</tr>
<tr>
<td>Total Ardèche</td>
<td>347</td>
<td>481</td>
<td>409</td>
<td>449 102</td>
<td>266 895</td>
<td>490 998</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Drôme</td>
<td>6</td>
<td>1 747</td>
<td>566</td>
<td>1 312</td>
<td>20 963</td>
<td>3 963</td>
<td>24 926</td>
<td>76</td>
<td>241</td>
<td>5 401 840</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>7</td>
<td>593</td>
<td>1 498</td>
<td>1 204</td>
<td>7 710</td>
<td>40 440</td>
<td>48 150</td>
<td>25</td>
<td>226</td>
<td>2 423 3 324</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>8</td>
<td>346</td>
<td>554</td>
<td>453</td>
<td>6 236</td>
<td>10 525</td>
<td>16 761</td>
<td>7</td>
<td>197</td>
<td>1 152 903</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>9</td>
<td>190</td>
<td>529</td>
<td>340</td>
<td>5 502</td>
<td>12 164</td>
<td>17 666</td>
<td>51</td>
<td>38</td>
<td>660 1 276</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>10</td>
<td>117</td>
<td>63</td>
<td>90</td>
<td>235</td>
<td>126</td>
<td>361</td>
<td>113</td>
<td>55</td>
<td>122 71</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>11</td>
<td>1 218</td>
<td>1 496</td>
<td>1 357</td>
<td>2 435</td>
<td>2 991</td>
<td>5 426</td>
<td>140</td>
<td>874</td>
<td>2 295 2 117</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>12</td>
<td>551</td>
<td>298</td>
<td>433</td>
<td>4 412</td>
<td>2 089</td>
<td>6 501</td>
<td>106</td>
<td>96</td>
<td>910 585</td>
</tr>
<tr>
<td>Total Drôme</td>
<td>565</td>
<td>831</td>
<td>701</td>
<td>47 492</td>
<td>72 300</td>
<td>119 792</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Haut-Rhin</td>
<td>1</td>
<td>1 835</td>
<td>6 269</td>
<td>4 394</td>
<td>20 189</td>
<td>94 042</td>
<td>114 232</td>
<td>8</td>
<td>1 979</td>
<td>6 470 11 420</td>
</tr>
<tr>
<td>Total Haut-Rhin</td>
<td>1 835</td>
<td>6 269</td>
<td>4 394</td>
<td>20 189</td>
<td>94 042</td>
<td>114 232</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Hérault</td>
<td>1</td>
<td>249</td>
<td>741</td>
<td>440</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td>18</td>
<td>20</td>
<td>2 228 3 751</td>
</tr>
<tr>
<td>Total Hérault</td>
<td>249</td>
<td>741</td>
<td>440</td>
<td>19 679</td>
<td>37 055</td>
<td>56 733</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Isère</td>
<td>1</td>
<td>1 284</td>
<td>344</td>
<td>657</td>
<td>2 567</td>
<td>1 377</td>
<td>3 944</td>
<td>232</td>
<td>141</td>
<td>2 335 439</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>2</td>
<td>97</td>
<td>500</td>
<td>316</td>
<td>1 554</td>
<td>9 496</td>
<td>11 050</td>
<td>6</td>
<td>67</td>
<td>296 1 598</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>3</td>
<td>525</td>
<td>394</td>
<td>453</td>
<td>7 351</td>
<td>6 700</td>
<td>14 051</td>
<td>9</td>
<td>6</td>
<td>5 377 1 104</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>4</td>
<td>741</td>
<td>798</td>
<td>768</td>
<td>7 415</td>
<td>7 179</td>
<td>14 594</td>
<td>111</td>
<td>434</td>
<td>1 650 1 322</td>
</tr>
<tr>
<td>Total Isère</td>
<td>450</td>
<td>505</td>
<td>480</td>
<td>18 887</td>
<td>24 753</td>
<td>43 640</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Pas-de-Calais</td>
<td>1</td>
<td>87</td>
<td>107</td>
<td>96</td>
<td>26 782</td>
<td>31 558</td>
<td>58 340</td>
<td>6</td>
<td>2</td>
<td>536 1 631</td>
</tr>
<tr>
<td>Total Pas-de-Calais</td>
<td>87</td>
<td>107</td>
<td>96</td>
<td>26 782</td>
<td>31 558</td>
<td>58 340</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Vendée</td>
<td>1</td>
<td>811</td>
<td>1 246</td>
<td>1 159</td>
<td>11 349</td>
<td>69 765</td>
<td>81 113</td>
<td>20</td>
<td>85</td>
<td>2 420 5 050</td>
</tr>
<tr>
<td>Total Vendée</td>
<td>811</td>
<td>1 246</td>
<td>1 159</td>
<td>11 349</td>
<td>69 765</td>
<td>81 113</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>TOTAL PERIODE PRENUPTIALE</td>
<td>311</td>
<td>538</td>
<td>421</td>
<td>368 480</td>
<td>596 367</td>
<td>964 847</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

Tableau 1 : Importance des flux en période prénuptiale
<table>
<thead>
<tr>
<th>département</th>
<th>n°</th>
<th>J</th>
<th>N</th>
<th>Total</th>
<th>MTR moyen</th>
<th>Flux total</th>
<th>DMT</th>
<th>NMT</th>
<th>24MT</th>
<th>Flux mini</th>
<th>J</th>
<th>N</th>
<th>Flux maxi</th>
<th>J</th>
<th>N</th>
<th>Ecart-type</th>
<th>J</th>
<th>N</th>
<th>Nb heures suivies</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Hérault</td>
<td>1</td>
<td>523</td>
<td>5590</td>
<td>1948</td>
<td>12032</td>
<td>50306</td>
<td>62337</td>
<td>70</td>
<td>1462</td>
<td>2097</td>
<td>11626</td>
<td>439</td>
<td>3558</td>
<td>23</td>
<td>9</td>
<td>32</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Hérault</td>
<td></td>
<td>523</td>
<td>5590</td>
<td>1948</td>
<td>12032</td>
<td>50306</td>
<td>62337</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Loire-Atlantique</td>
<td>1</td>
<td>523</td>
<td>736</td>
<td>436</td>
<td>6424</td>
<td>8829</td>
<td>15254</td>
<td>30</td>
<td>213</td>
<td>1628</td>
<td>1080</td>
<td>395</td>
<td>225</td>
<td>23</td>
<td>12</td>
<td>35</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Loire-Atlantique</td>
<td></td>
<td>523</td>
<td>736</td>
<td>436</td>
<td>6424</td>
<td>8829</td>
<td>15254</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Pas-de-Calais</td>
<td>1</td>
<td>720</td>
<td>1713</td>
<td>1504</td>
<td>2878</td>
<td>25698</td>
<td>28576</td>
<td>252</td>
<td>424</td>
<td>1560</td>
<td>3916</td>
<td>589</td>
<td>871</td>
<td>4</td>
<td>15</td>
<td>19</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Pas-de-Calais</td>
<td></td>
<td>720</td>
<td>1713</td>
<td>1504</td>
<td>2878</td>
<td>25698</td>
<td>28576</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>TOTAL PÉRIODE DE REPRODUCTION</td>
<td></td>
<td>427</td>
<td>2356</td>
<td>1235</td>
<td>21334</td>
<td>84833</td>
<td>106167</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td>50</td>
<td>36</td>
<td>86</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

### Tableau 2 : Importance des flux en période de reproduction

<table>
<thead>
<tr>
<th>département</th>
<th>n°</th>
<th>J</th>
<th>N</th>
<th>Total</th>
<th>MTR moyen</th>
<th>Flux total</th>
<th>DMT</th>
<th>NMT</th>
<th>24MT</th>
<th>Flux mini</th>
<th>J</th>
<th>N</th>
<th>Flux maxi</th>
<th>J</th>
<th>N</th>
<th>Ecart-type</th>
<th>J</th>
<th>N</th>
<th>Nb heures suivies</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Aisne</td>
<td>1</td>
<td>1222</td>
<td>1222</td>
<td>9774</td>
<td>9774</td>
<td>348</td>
<td>2514</td>
<td>904</td>
<td>88</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Somme Aisne</td>
<td></td>
<td>1222</td>
<td>1222</td>
<td>9774</td>
<td>9774</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Ardèche</td>
<td>1</td>
<td>365</td>
<td>1131</td>
<td>774</td>
<td>5109</td>
<td>18100</td>
<td>23208</td>
<td>18</td>
<td>41</td>
<td>1643</td>
<td>3036</td>
<td>400</td>
<td>989</td>
<td>14</td>
<td>16</td>
<td>30</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>2</td>
<td>308</td>
<td>143</td>
<td>190</td>
<td>1847</td>
<td>2140</td>
<td>3987</td>
<td>34</td>
<td>27</td>
<td>1125</td>
<td>209</td>
<td>436</td>
<td>47</td>
<td>6</td>
<td>15</td>
<td>21</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>3</td>
<td>557</td>
<td>1999</td>
<td>1223</td>
<td>11707</td>
<td>35989</td>
<td>48794</td>
<td>35</td>
<td>34</td>
<td>1038</td>
<td>1139</td>
<td>621</td>
<td>1775</td>
<td>21</td>
<td>18</td>
<td>39</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>4</td>
<td>97</td>
<td>359</td>
<td>273</td>
<td>1840</td>
<td>14007</td>
<td>15847</td>
<td>15</td>
<td>46</td>
<td>308</td>
<td>1166</td>
<td>79</td>
<td>268</td>
<td>19</td>
<td>39</td>
<td>58</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>5</td>
<td>324</td>
<td>150</td>
<td>210</td>
<td>2914</td>
<td>2553</td>
<td>50468</td>
<td>29</td>
<td>34</td>
<td>1303</td>
<td>486</td>
<td>409</td>
<td>118</td>
<td>9</td>
<td>17</td>
<td>26</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Somme Ardèche</td>
<td></td>
<td>339</td>
<td>693</td>
<td>553</td>
<td>23416</td>
<td>72790</td>
<td>96206</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Aube</td>
<td>1</td>
<td>95</td>
<td>95</td>
<td>95</td>
<td>285</td>
<td>285</td>
<td>60</td>
<td>123</td>
<td>32</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>2</td>
<td>1974</td>
<td>945</td>
<td>1136</td>
<td>9870</td>
<td>20798</td>
<td>30668</td>
<td>78</td>
<td>90</td>
<td>4866</td>
<td>3156</td>
<td>2098</td>
<td>822</td>
<td>5</td>
<td>22</td>
<td>27</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Aube</td>
<td></td>
<td>1974</td>
<td>843</td>
<td>1032</td>
<td>9870</td>
<td>21083</td>
<td>30953</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Cantal</td>
<td>1</td>
<td>976</td>
<td>1355</td>
<td>2162</td>
<td>29291</td>
<td>70442</td>
<td>99734</td>
<td>53</td>
<td>116</td>
<td>4373</td>
<td>3804</td>
<td>1253</td>
<td>890</td>
<td>30</td>
<td>52</td>
<td>82</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Cantal</td>
<td></td>
<td>976</td>
<td>1355</td>
<td>2162</td>
<td>29291</td>
<td>70442</td>
<td>99734</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Drôme</td>
<td>1</td>
<td>292</td>
<td>2647</td>
<td>1691</td>
<td>3799</td>
<td>50302</td>
<td>54102</td>
<td>92</td>
<td>292</td>
<td>888</td>
<td>9001</td>
<td>224</td>
<td>272</td>
<td>13</td>
<td>19</td>
<td>32</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>2</td>
<td>3406</td>
<td>4009</td>
<td>796</td>
<td>20434</td>
<td>44097</td>
<td>64531</td>
<td>308</td>
<td>1302</td>
<td>4438</td>
<td>4864</td>
<td>1548</td>
<td>1175</td>
<td>6</td>
<td>11</td>
<td>17</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>3</td>
<td>880</td>
<td>1409</td>
<td>287</td>
<td>2640</td>
<td>14092</td>
<td>16732</td>
<td>285</td>
<td>1047</td>
<td>1443</td>
<td>2160</td>
<td>580</td>
<td>363</td>
<td>3</td>
<td>10</td>
<td>13</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>4</td>
<td>880</td>
<td>3947</td>
<td>2347</td>
<td>10557</td>
<td>43421</td>
<td>53979</td>
<td>682</td>
<td>1184</td>
<td>1693</td>
<td>8148</td>
<td>299</td>
<td>2154</td>
<td>12</td>
<td>11</td>
<td>23</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>5</td>
<td>156</td>
<td>433</td>
<td>277</td>
<td>4063</td>
<td>8658</td>
<td>12720</td>
<td>53</td>
<td>79</td>
<td>353</td>
<td>2661</td>
<td>66</td>
<td>635</td>
<td>26</td>
<td>20</td>
<td>46</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>6</td>
<td>413</td>
<td>513</td>
<td>467</td>
<td>8256</td>
<td>11807</td>
<td>2063</td>
<td>63</td>
<td>128</td>
<td>1365</td>
<td>1380</td>
<td>351</td>
<td>421</td>
<td>20</td>
<td>23</td>
<td>43</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>7</td>
<td>73</td>
<td>613</td>
<td>365</td>
<td>2037</td>
<td>20225</td>
<td>22262</td>
<td>14</td>
<td>82</td>
<td>292</td>
<td>2343</td>
<td>57</td>
<td>753</td>
<td>28</td>
<td>33</td>
<td>61</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>8</td>
<td>648</td>
<td>2393</td>
<td>1704</td>
<td>9713</td>
<td>55040</td>
<td>64753</td>
<td>64</td>
<td>154</td>
<td>2996</td>
<td>6763</td>
<td>894</td>
<td>2127</td>
<td>15</td>
<td>23</td>
<td>38</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>site</td>
<td>MTR moyen</td>
<td>Flux total</td>
<td>Flux mini</td>
<td>Flux maxi</td>
<td>Ecart-type</td>
<td>Nb heures suivies</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>---------------------</td>
<td>-----------</td>
<td>------------</td>
<td>-----------</td>
<td>-----------</td>
<td>------------</td>
<td>-------------------</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>département</td>
<td>n°</td>
<td>J</td>
<td>N</td>
<td>Total</td>
<td>DMT</td>
<td>NMT</td>
<td>24MT</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>J</td>
<td>N</td>
<td>Total</td>
<td>J</td>
<td>N</td>
<td>J</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Drôme</td>
<td>500</td>
<td>1 651</td>
<td>1 132</td>
<td>6 500</td>
<td>247 642</td>
<td>300 142</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Eure-et-Loire</td>
<td>1</td>
<td>449</td>
<td>1 098</td>
<td>724</td>
<td>37 720</td>
<td>68 055</td>
<td>105 775</td>
<td>18 195</td>
<td>1 941</td>
<td>4 359</td>
<td>405 701</td>
<td>146 84</td>
<td>62 60</td>
<td>127 16</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>2</td>
<td>245</td>
<td>429</td>
<td>330</td>
<td>19 622</td>
<td>29 594</td>
<td>49 216</td>
<td>28 45</td>
<td>1 443</td>
<td>1 385</td>
<td>246 304</td>
<td>80 69</td>
<td>149 88</td>
<td>127 12</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>3</td>
<td>206</td>
<td>211</td>
<td>209</td>
<td>11 975</td>
<td>14 546</td>
<td>26 521</td>
<td>10 8</td>
<td>1 063</td>
<td>622</td>
<td>179 135</td>
<td>58 69</td>
<td>127 84</td>
<td>127 13</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Eure-et-Loire</td>
<td>312</td>
<td>561</td>
<td>430</td>
<td>69 317</td>
<td>112 195</td>
<td>181 512</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Finistère</td>
<td>1</td>
<td>341</td>
<td>1 106</td>
<td>1 018</td>
<td>2 730</td>
<td>68 543</td>
<td>71 272</td>
<td>27 8</td>
<td>1 308</td>
<td>3 867</td>
<td>417 991</td>
<td>8 62</td>
<td>70 78</td>
<td>127 25</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Finistère</td>
<td>341</td>
<td>1 106</td>
<td>1 018</td>
<td>2 730</td>
<td>68 543</td>
<td>71 272</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Haut-Rhin</td>
<td>1</td>
<td>657</td>
<td>657</td>
<td>1 314</td>
<td>1 314</td>
<td>351</td>
<td>963</td>
<td>432 2</td>
<td>2 2</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Haut-Rhin</td>
<td>657</td>
<td>657</td>
<td>1 314</td>
<td>1 314</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Hérault</td>
<td>1</td>
<td>268</td>
<td>2 193</td>
<td>921</td>
<td>9 915</td>
<td>41 673</td>
<td>51 588</td>
<td>18 122</td>
<td>759 6 928</td>
<td>152 2 386</td>
<td>37 19</td>
<td>56 72</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Hérault</td>
<td>268</td>
<td>2 193</td>
<td>921</td>
<td>9 915</td>
<td>41 673</td>
<td>51 588</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Isère</td>
<td>1</td>
<td>208</td>
<td>696</td>
<td>507</td>
<td>7 490</td>
<td>39 676</td>
<td>47 166</td>
<td>20 34</td>
<td>759 3 029</td>
<td>177 877</td>
<td>36 57</td>
<td>93 21</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>2</td>
<td>377</td>
<td>1 955</td>
<td>1 477</td>
<td>3 770</td>
<td>44 970</td>
<td>48 740</td>
<td>49 385</td>
<td>1 583</td>
<td>4 228</td>
<td>446 1 137</td>
<td>10 23</td>
<td>33 12</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>3</td>
<td>182</td>
<td>114</td>
<td>152</td>
<td>2 724</td>
<td>1 371</td>
<td>4 095</td>
<td>12 71</td>
<td>534 140</td>
<td>187 23</td>
<td>15 12</td>
<td>27 12</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>4</td>
<td>56</td>
<td>154</td>
<td>97</td>
<td>391</td>
<td>772</td>
<td>1 163</td>
<td>15 91</td>
<td>107 203</td>
<td>30 46</td>
<td>7 5 12</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>5</td>
<td>64</td>
<td>3 679</td>
<td>2 567</td>
<td>256</td>
<td>33 113</td>
<td>33 370</td>
<td>42 610</td>
<td>88 6 335</td>
<td>19 1 968</td>
<td>4 9 13</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Isère</td>
<td>203</td>
<td>1 131</td>
<td>756</td>
<td>14 632</td>
<td>119 902</td>
<td>134 534</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Loire</td>
<td>1</td>
<td>230</td>
<td>584</td>
<td>410</td>
<td>16 116</td>
<td>42 045</td>
<td>2 73 1 868</td>
<td>5 445 328</td>
<td>809 804</td>
<td>70 72</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Loire</td>
<td>230</td>
<td>584</td>
<td>410</td>
<td>16 116</td>
<td>42 045</td>
<td>58 161</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Loire-Atlantique</td>
<td>1</td>
<td>1 260</td>
<td>971</td>
<td>1 147</td>
<td>180 202</td>
<td>89 361</td>
<td>269 563</td>
<td>65 166</td>
<td>14 243</td>
<td>4 366</td>
<td>1 992 720</td>
<td>143 92</td>
<td>235 12</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>2</td>
<td>284</td>
<td>486</td>
<td>396</td>
<td>7 953</td>
<td>17 024</td>
<td>24 977</td>
<td>18 55</td>
<td>2 035</td>
<td>5 304</td>
<td>456 1 149</td>
<td>28 35</td>
<td>63 30</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>3</td>
<td>183</td>
<td>595</td>
<td>400</td>
<td>3 288</td>
<td>11 895</td>
<td>15 183</td>
<td>65 112</td>
<td>444 2 547</td>
<td>104 759</td>
<td>18 20</td>
<td>38 20</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>4</td>
<td>124</td>
<td>321</td>
<td>201</td>
<td>5 953</td>
<td>9 954</td>
<td>15 907</td>
<td>3 12 732</td>
<td>1 199 130</td>
<td>360 48</td>
<td>31 79</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Loire-Atlantique</td>
<td>833</td>
<td>720</td>
<td>785</td>
<td>197 396</td>
<td>128 234</td>
<td>325 630</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Manche</td>
<td>1</td>
<td>54</td>
<td>133</td>
<td>94</td>
<td>325</td>
<td>799</td>
<td>1 124</td>
<td>31 62</td>
<td>71 273</td>
<td>14 90 6</td>
<td>6 6 12</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Manche</td>
<td>54</td>
<td>133</td>
<td>94</td>
<td>325</td>
<td>799</td>
<td>1 124</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Marne</td>
<td>1</td>
<td>3 068</td>
<td>1 593</td>
<td>1 698</td>
<td>3 068</td>
<td>20 707</td>
<td>23 775</td>
<td>3 068 730</td>
<td>3 068 2 606</td>
<td>0 483 1</td>
<td>13 14</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Marne</td>
<td>3 068</td>
<td>1 593</td>
<td>1 698</td>
<td>3 068</td>
<td>20 707</td>
<td>23 775</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Morbihan</td>
<td>1</td>
<td>824</td>
<td>824</td>
<td>6 595</td>
<td>6 595</td>
<td>359</td>
<td>1 204</td>
<td>313 8</td>
<td>8 8</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>2</td>
<td>428</td>
<td>3 324</td>
<td>2 387</td>
<td>4 706</td>
<td>76 442</td>
<td>81 148</td>
<td>146 360</td>
<td>2 110 11 751</td>
<td>568 3 766</td>
<td>11 23</td>
<td>34 82</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Morbihan</td>
<td>428</td>
<td>2 679</td>
<td>2 089</td>
<td>4 706</td>
<td>83 037</td>
<td>87 743</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>département</td>
<td>site</td>
<td>MTR moyen</td>
<td>Flux total</td>
<td>Flux mini</td>
<td>Flux maxi</td>
<td>Ecart-type</td>
<td>Nb heures suivies</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>-------------</td>
<td>------</td>
<td>-----------</td>
<td>------------</td>
<td>----------</td>
<td>----------</td>
<td>------------</td>
<td>------------------</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>n°</td>
<td>J</td>
<td>N</td>
<td>Total</td>
<td>DMT</td>
<td>NMT</td>
<td>24MT J</td>
<td>N</td>
<td>J</td>
<td>N</td>
<td>J</td>
<td>N</td>
<td>J</td>
<td>N</td>
<td>Total</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Nord</td>
<td>1</td>
<td>174</td>
<td>1 849</td>
<td>626</td>
<td>8 012</td>
<td>31 438</td>
<td>39 451</td>
<td>43</td>
<td>620</td>
<td>630</td>
<td>4 170</td>
<td>147</td>
<td>871</td>
<td>46</td>
<td>17</td>
<td>63</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Nord</td>
<td></td>
<td>174</td>
<td>1 849</td>
<td>626</td>
<td>8 012</td>
<td>31 438</td>
<td>39 451</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Pas-de-Calais</td>
<td>1</td>
<td>1 181</td>
<td>3 295</td>
<td>2 942</td>
<td>8 264</td>
<td>115 318</td>
<td>123 582</td>
<td>84</td>
<td>312</td>
<td>2 922</td>
<td>578</td>
<td>1 266</td>
<td>3 220</td>
<td>7</td>
<td>35</td>
<td>42</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>2</td>
<td>180</td>
<td>283</td>
<td>275</td>
<td>1 410</td>
<td>123 337</td>
<td>1 410 613</td>
<td>2 023</td>
<td>1 410</td>
<td>76</td>
<td>1 410</td>
<td>188</td>
<td>41</td>
<td>1</td>
<td>5</td>
<td>6</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>3</td>
<td>1 410</td>
<td>123</td>
<td>337</td>
<td>515</td>
<td>160 196</td>
<td>1 410 613</td>
<td>2 023</td>
<td>1 410</td>
<td>76</td>
<td>1 410</td>
<td>188</td>
<td>41</td>
<td>1</td>
<td>5</td>
<td>6</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>4</td>
<td>515</td>
<td>160</td>
<td>196</td>
<td>515</td>
<td>1 410 613</td>
<td>1 410 613</td>
<td>2 023</td>
<td>1 410</td>
<td>76</td>
<td>1 410</td>
<td>188</td>
<td>41</td>
<td>1</td>
<td>5</td>
<td>6</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>5</td>
<td>170</td>
<td>358</td>
<td>291</td>
<td>11 233</td>
<td>42 925</td>
<td>54 158</td>
<td>15 48</td>
<td>795</td>
<td>2 016</td>
<td>181</td>
<td>328</td>
<td>66</td>
<td>120</td>
<td>186</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>6</td>
<td>189</td>
<td>188</td>
<td>188</td>
<td>3 968</td>
<td>8 646</td>
<td>12 614</td>
<td>53 32</td>
<td>548</td>
<td>808</td>
<td>127</td>
<td>148</td>
<td>21</td>
<td>46</td>
<td>67</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>7</td>
<td>293</td>
<td>236</td>
<td>260</td>
<td>8 486</td>
<td>9 215</td>
<td>17 701</td>
<td>63 73</td>
<td>932</td>
<td>474</td>
<td>187</td>
<td>182</td>
<td>29</td>
<td>39</td>
<td>68</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Pas-de-Calais</td>
<td>270</td>
<td>683</td>
<td>550</td>
<td>34 056</td>
<td>181 558</td>
<td>215 614</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Somme</td>
<td>1</td>
<td>401</td>
<td>627</td>
<td>537</td>
<td>6 009</td>
<td>14 410</td>
<td>20 419</td>
<td>78</td>
<td>168</td>
<td>1 974</td>
<td>1 088</td>
<td>537</td>
<td>295</td>
<td>15</td>
<td>23</td>
<td>38</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>2</td>
<td>842</td>
<td>842</td>
<td>372</td>
<td>513</td>
<td>500</td>
<td>5 126</td>
<td>5 498</td>
<td>372</td>
<td>140</td>
<td>372</td>
<td>1 092</td>
<td>325</td>
<td>1</td>
<td>10</td>
<td>11</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>3</td>
<td>372</td>
<td>513</td>
<td>500</td>
<td>673</td>
<td>736</td>
<td>6 737</td>
<td>381</td>
<td>1 302</td>
<td>362</td>
<td>8</td>
<td>8</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>4</td>
<td>346</td>
<td>772</td>
<td>592</td>
<td>11 407</td>
<td>34 736</td>
<td>46 143</td>
<td>24 30</td>
<td>1 930</td>
<td>3 296</td>
<td>388</td>
<td>753</td>
<td>33</td>
<td>45</td>
<td>78</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Somme</td>
<td>363</td>
<td>709</td>
<td>584</td>
<td>17 788</td>
<td>61 009</td>
<td>78 797</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Yonne</td>
<td>1</td>
<td>119</td>
<td>102</td>
<td>108</td>
<td>2 021</td>
<td>2 751</td>
<td>4 772</td>
<td>17</td>
<td>21</td>
<td>390</td>
<td>600</td>
<td>92</td>
<td>119</td>
<td>17</td>
<td>27</td>
<td>44</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Total Yonne</td>
<td>119</td>
<td>102</td>
<td>108</td>
<td>2 021</td>
<td>2 751</td>
<td>4 772</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>TOTAL PÉRIODE POSTNUPTIALE</td>
<td>447</td>
<td>924</td>
<td>713</td>
<td>504 161</td>
<td>1 316 935</td>
<td>1 821 096</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td>1 129</td>
<td>1 425</td>
<td>2 554</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

Tableau 3 : Importance des flux en période postnuptiale

<table>
<thead>
<tr>
<th>départememt</th>
<th>site</th>
<th>MTR moyen</th>
<th>Flux total</th>
<th>Flux mini</th>
<th>Flux maxi</th>
<th>Ecart-type</th>
<th>Nb heures suivies</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td></td>
<td>n°</td>
<td>J</td>
<td>N</td>
<td>Total</td>
<td>DMT</td>
<td>NMT</td>
<td>24MT J</td>
</tr>
<tr>
<td>Nord</td>
<td>1</td>
<td>170</td>
<td>532</td>
<td>286</td>
<td>5 765</td>
<td>8 516</td>
<td>14 281</td>
</tr>
<tr>
<td>Total Nord</td>
<td></td>
<td>170</td>
<td>532</td>
<td>286</td>
<td>5 765</td>
<td>8 516</td>
<td>14 281</td>
</tr>
<tr>
<td>Pas-de-Calais</td>
<td>1</td>
<td>79</td>
<td>39</td>
<td>57</td>
<td>17 289</td>
<td>10 138</td>
<td>27 427</td>
</tr>
<tr>
<td>2</td>
<td>52</td>
<td>52</td>
<td></td>
<td>17 289</td>
<td>10 138</td>
<td>27 427</td>
<td>5</td>
</tr>
<tr>
<td>Total Pas-de-Calais</td>
<td>79</td>
<td>39</td>
<td>57</td>
<td>17 289</td>
<td>10 138</td>
<td>27 427</td>
<td>5</td>
</tr>
<tr>
<td>Somme</td>
<td>1</td>
<td>25</td>
<td>25</td>
<td>75</td>
<td>75</td>
<td>18</td>
<td>36</td>
</tr>
<tr>
<td>2</td>
<td>52</td>
<td>52</td>
<td></td>
<td>209</td>
<td>209</td>
<td>36</td>
<td>65</td>
</tr>
<tr>
<td>Total Somme</td>
<td>41</td>
<td>41</td>
<td></td>
<td>284</td>
<td>284</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>TOTAL PÉRIODE D'HIVERNAGE</td>
<td>91</td>
<td>67</td>
<td>79</td>
<td>23 054</td>
<td>18 938</td>
<td>41 992</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td>252</td>
<td>282</td>
<td>534</td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

Tableau 4 : Importance des flux en période hivernale
Étude des mouvements d’oiseaux par radar – analyse des données existantes
LPO - BIOTOPE, novembre 2008

Figure 9 : Importance des flux migratoires diurnes et nocturnes en saison d’hivernage

Figure 10 : Importance des flux migratoires diurnes et nocturnes en migration prénuptiale
Comparaison des flux migratoires diurnes et nocturnes en saison de nidification

<table>
<thead>
<tr>
<th>Flux diurne</th>
<th>Flux nocturne</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Valeur du MTR moyen (en échos par heure)</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>• Moins de 50</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>50 à 100</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>100 à 500</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Plus de 5000</td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

Figure 11 : Importance des flux migratoires diurnes et nocturnes en migration de nidification

Comparaison des flux migratoires diurnes et nocturnes lors de la migration postnuptielle

<table>
<thead>
<tr>
<th>Flux diurne</th>
<th>Flux nocturne</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Valeur du MTR moyen (en échos par heure)</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>• Moins de 50</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>50 à 100</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>100 à 500</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>Plus de 5000</td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

Figure 12 : Importance des flux migratoires diurnes et nocturnes en migration de migration postnuptielle
IV.2. Évolution journalière

L’évolution générale des MTR moyen au cours d’un cycle de 24 heures montre plusieurs phases (voir Figure 13) :

- une augmentation du flux en soirée, jusqu’à 21h TU ;
- une diminution des flux au cours de la seconde partie de la nuit ;
- une reprise de l’activité dans la matinée ;
- une diminution de l’activité en fin d’après-midi.

Cette tendance générale est en réalité différente selon la saison. Ainsi, en période de migration prénuptiale, on observe une augmentation très rapide du flux vers 19h TU. Le pic d’activité est ensuite atteint vers 21h. La diminution progressive en cours de nuit est conforme au schéma général. La reprise d’activité vers 10h est davantage marquée. Elle correspond au démarrage de la migration diurne d’Hirondelles et de Martinets, ainsi que de rapaces qui attendent les heures chaudes pour démarrer la migration (voir Figure 14).

En période de migration postnuptiale, le schéma est davantage conforme à la situation générale (voir Figure 15).
Tout au long de l’année, on observe une évolution du schéma journalier des mouvements d’oiseaux (voir Figure 16). Les mouvements nocturnes importants notés en période de nidification s’expliquent par :

- la fin de la migration prénuptiale en mai,
- le début de la migration postnuptiale en juillet,
- d’importants dortoirs de Martinets noirs (voir VI.1.2).
* Attention, échelle des ordonnées différentes selon les graphiques

Figure 16 : Évolution journalière du MTR moyen au cours de l’année
IV.3. Évolution annuelle

L’évolution de la taille des flux détectés par radar au cours d’une année complète illustre relativement bien les différentes périodes du cycle biologique des oiseaux (voir Figure 17).

Au cours de l’hiver, les mouvements sont très faibles et concernent des oiseaux en hivernage, qui se déplacent localement sur de courtes distances ou qui fuient devant des conditions météorologiques défavorables (mouvement de fuite).

Les premiers mouvements liés à la migration prénuptiale sont détectés mi-mars. Signalons toutefois que la faiblesse de l’échantillon des sites étudiés en février ne permet pas d’avoir une vision correcte des premiers mouvements de remontée du mois de février. La migration prénuptiale bat son plein de mi-mars à mi-mai.

Les importants mouvements nocturnes détectés entre mi-mai et début août correspondent généralement à sites sur lesquels des dortoirs de Martinets noir (*Apus apus*) ont été notés (voir chapitre V). De jour, les mouvements détectés à cette période correspondent à la fois à des concentrations d’Hirondelles chassant en altitude dans des nuages d’insectes et à des mouvements pendulaires entre des colonies de reproduction et des zones d’alimentation.

La migration postnuptiale débute fin juillet. Les mouvements détectés par radar augmentent au cours du mois d’août et septembre (migration des fauvettes paludicoles et forestières... de nuit, migration des rapaces, des cigognes, ... de jour). Le flux plafonne au cours de la première décade d’octobre. Cela correspond à la période de migration des Fringilles de jour et des grands Turdidés (grives et merles) ainsi que des Alouettes de nuit. La migration d’automne se termine fin octobre - début novembre, les mouvements détectés en novembre étant beaucoup plus faibles.

Les mouvements migratoires de l’automne concernent davantage d’individus que ceux du printemps (forte mortalité au cours de la migration postnuptiale, mortalité hivernale...). On retrouve logiquement cette tendance dans les observations par radar : l’importance du flux prénuptial est inférieure à celui de l’automne.

![Figure 17 : Évolution décadérale du MTR moyen](image)
IV.4. Différences entre les flux diurnes et nocturnes

Le radar permet d’étudier les mouvements nocturnes, ce que très peu de méthodes permettent de faire de manière directe. L’importance des flux nocturnes est généralement sous estimé ou mal connu. L’utilisation du radar montre que près de 72% des mouvements sont nocturnes (voir Figure 20).

Cette tendance varie cependant au cours de la saison. Au cours de la migration prénuptiale, le flux nocturne représente 60% des vols alors qu’il atteint 71% au cours de la migration postnuptiale.

L’évolution annuelle montre (Figure 21) que les mouvements diurnes sont majoritaires en janvier (mouvements très faibles) puis que la part des mouvements nocturnes augmente au cours de la migration prénuptiale. Entre mai et juillet, de gros mouvements nocturnes attribués à des dortoirs de Martinets (chapitre V) biaise les résultats. Durant l’automne, la migration est principalement nocturne, avec un maximum en octobre (80%). À la fin de la période postnuptiale, les mouvements sont plus faibles et la proportion du flux diurne augmente.
Figure 21 : Évolution mensuelle de la proportion des flux diurnes et nocturnes
V. ALTITUDES DE VOL

V.1. Évolution journalière

Le schéma général de l’évolution journalière des altitudes de vol (voir Figure 22) est sensiblement identique à celui de la taille des flux :

- une augmentation progressive des altitudes de vol en soirée qui correspond au décollage des oiseaux et à la prise d’altitude progressive ;
- une stagnation des altitudes de vol au cœur de la nuit, lorsque les oiseaux ont atteints leur altitude de croisière ;
- une diminution des altitudes de vol en fin de nuit, les migrateurs nocturnes perdant de l’altitude pour se poser en toute fin de nuit ;
- une augmentation rapide et brève des altitudes de vol au lever du jour. On remarque régulièrement en effet à l’aube un passage migratoire à haute altitude, très limité dans sa durée. L’explication peut venir de la poursuite de la migration par des espèces migratrices sur de longues distances et en altitude (canards, limicoles…). Cette hypothèse reste cependant à valider ;
- de jour, les altitudes de vol sont inférieures à celles observées de nuit. Elles sont également généralement assez stables au cours de journée.

![Figure 22 : Évolution journalière des altitudes de vol moyennes toutes périodes confondues](image-url)
V.2. Évolution annuelle

On observe une différence assez marquée entre les périodes migratoires pré et postnuptiales. Au printemps, les migrateurs volent sensiblement plus haut, aidés en cela par des vents portants (Elkins, 1996).

<table>
<thead>
<tr>
<th>Altitude moyenne</th>
<th>Migration prénuptiale</th>
<th>Migration postnuptiale</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Jour</td>
<td>365 m</td>
<td>270 m</td>
</tr>
<tr>
<td>Nuit</td>
<td>533 m</td>
<td>428 m</td>
</tr>
<tr>
<td>Altitude médiane</td>
<td>281 m</td>
<td>205 m</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>468 m</td>
<td>358 m</td>
</tr>
</tbody>
</table>

*Tableau 5 : Altitudes de vol au cours des migrations pré et postnuptiales*
Sur les graphiques suivants, on a représenté les altitudes de vol moyennes et l’écart-type de chaque valeur.

**Figure 24 : Évolution journalière des altitudes de vol moyennes en période de migration prénuptiale**

On remarque que la variabilité est plus forte de jour que de nuit et est sensiblement plus élevée en période prénuptiale (voir tableau suivant). Cela peut s’expliquer par la présence de mouvements locaux à basse altitude plus importants de jour que de nuit (et sans doute davantage au printemps qu’à l’automne).

**Figure 25 : Évolution journalière des altitudes de vol moyennes en période de migration postnuptiale**
### Tableau 6 : Altitudes de vol moyennes et médianes au cours des migrations pré et postnuptiales

<table>
<thead>
<tr>
<th>Heures</th>
<th>Migration prénuptiale</th>
<th>Migration postnuptiale</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td></td>
<td>Altitudes moyennes</td>
<td>Ecart-type</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>Altitudes médianes</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>12h-13h</td>
<td>346</td>
<td>33</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>13h-14h</td>
<td>375</td>
<td>35</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>14h-15h</td>
<td>295</td>
<td>46</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>15h-16h</td>
<td>336</td>
<td>46</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>16h-17h</td>
<td>380</td>
<td>51</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>17h-18h</td>
<td>289</td>
<td>71</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>18h-19h</td>
<td>322</td>
<td>67</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>19h-20h</td>
<td>481</td>
<td>25</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>20h-21h</td>
<td>531</td>
<td>23</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>21h-22h</td>
<td>566</td>
<td>21</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>22h-23h</td>
<td>576</td>
<td>24</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>23h-00h</td>
<td>544</td>
<td>23</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>00h-01h</td>
<td>528</td>
<td>24</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>01h-02h</td>
<td>515</td>
<td>26</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>02h-03h</td>
<td>536</td>
<td>26</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>03h-04h</td>
<td>534</td>
<td>30</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>04h-05h</td>
<td>491</td>
<td>41</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>05h-06h</td>
<td>481</td>
<td>47</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>06h-07h</td>
<td>654</td>
<td>40</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>07h-08h</td>
<td>502</td>
<td>47</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>08h-09h</td>
<td>282</td>
<td>52</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>09h-10h</td>
<td>261</td>
<td>45</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>10h-11h</td>
<td>318</td>
<td>34</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>11h-12h</td>
<td>315</td>
<td>36</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>

Étude des mouvements d’oiseaux par radar – analyse des données existantes
LPO - BIOTOPE, novembre 2008
De mars à juin (le faible nombre de sites suivis en juin rendant cette dernière donnée peu fiable), soit au cours de la migration prénuptiale, les altitudes de vol sont maximales. D’août à octobre, les altitudes de vol D’août à octobre (soit en migration postnuptiale), elles sont inférieures et restent relativement stables. Elles diminuent ensuite à la fin de la période migratoire et restent à des niveaux assez bas en période hivernale (mouvements locaux).

La variabilité à l’intérieur d’un même mois est faible (voir tableau suivant) pendant les mois de migrations pré et postnuptiales (de l’ordre de 10 à 20 m). En revanche, elle augmente en hiver et en juillet. Cela peut s’expliquer par plusieurs hypothèses :

- pendant la migration, les oiseaux réagiraient de la même façon aux conditions météorologiques d’un mois donné,
- La pression d’échantillonnage étant plus faible en hiver et en juillet et plus forte durant les périodes migratoires, la variabilité est supérieure, les effectifs enregistrés sont également plus faibles à ces périodes.
- en hiver, des mouvements migratoires en altitude (fuite devant une vague de froid) peuvent s’ajouter aux mouvements locaux à basse altitude, augmentant ainsi la variabilité,
- en juillet, la présence de mouvements nocturnes de martinets (dortoirs) en altitude sur certains sites a pu augmenter la variabilité.
Étude des mouvements d’oiseaux par radar – analyse des données existantes

LPO - BIOTOPE, novembre 2008

Figure 27 : Évolution mensuelle des altitudes de vol diurnes moyennes

Figure 28 : Évolution mensuelle des altitudes de vol nocturnes moyennes
<table>
<thead>
<tr>
<th></th>
<th>Altitudes moyennes</th>
<th></th>
<th>Altitudes médianes</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td></td>
<td>Jour</td>
<td>Ecart-Type</td>
<td>Nuit</td>
</tr>
<tr>
<td>Janvier</td>
<td>236</td>
<td>127</td>
<td>263</td>
</tr>
<tr>
<td>Février</td>
<td>219</td>
<td>45</td>
<td>283</td>
</tr>
<tr>
<td>Mars</td>
<td>452</td>
<td>23</td>
<td>518</td>
</tr>
<tr>
<td>Avril</td>
<td>331</td>
<td>16</td>
<td>585</td>
</tr>
<tr>
<td>Mai</td>
<td>385</td>
<td>25</td>
<td>480</td>
</tr>
<tr>
<td>Juin</td>
<td>356</td>
<td>51</td>
<td>724</td>
</tr>
<tr>
<td>Juillet</td>
<td>234</td>
<td>92</td>
<td>432</td>
</tr>
<tr>
<td>Août</td>
<td>257</td>
<td>16</td>
<td>371</td>
</tr>
<tr>
<td>Septembre</td>
<td>325</td>
<td>22</td>
<td>384</td>
</tr>
<tr>
<td>Octobre</td>
<td>253</td>
<td>22</td>
<td>486</td>
</tr>
<tr>
<td>Novembre</td>
<td>252</td>
<td>35</td>
<td>383</td>
</tr>
<tr>
<td>Décembre</td>
<td>75</td>
<td>108</td>
<td>404</td>
</tr>
<tr>
<td><strong>Total année</strong></td>
<td><strong>309</strong></td>
<td><strong>108</strong></td>
<td><strong>472</strong></td>
</tr>
</tbody>
</table>

Tableau 7 : Altitudes de vol par mois

En réalité, cette synthèse portant sur plusieurs dizaines de sites répartis à travers toute la France, les différences au cours de l’année sont en partie masquées. Un suivi sur l’ensemble de la saison postnuptiale au Cap Gris-Nez (62) a montré des différences importantes dans les altitudes de vol (figures suivantes).
Étude des mouvements d’oiseaux par radar – analyse des données existantes
LPO - BIOTOPE, novembre 2008

Hauteurs de vol le 25 août 2003

Hauteurs de vol le 1er septembre 2003

Hauteurs de vol le 8 septembre 2003

Hauteurs de vol le 15 septembre 2003

Hauteurs de vol le 23 septembre 2003

Hauteurs de vol le 6 octobre 2003
On observe nettement deux tendances :

- jusqu'au début du mois d'octobre, la majorité des oiseaux vole à une altitude comprise entre 200 et 700 mètres ;
- à partir de la mi-octobre, les altitudes de vol sont beaucoup plus basses. La majorité du flux migratoire prend place au ras du sol, à une altitude inférieure à 300 mètres. La présence d'un brouillard épais le 10 novembre 2003 a vraisemblablement obligé les migrateurs à augmenter légèrement la hauteur de vol.

Figure 29 : Évolution des altitudes de vol nocturnes au Cap Gris-Nez (62) au cours de la saison de migration postnuptiale
Tiré de Govaere & al. (2005)
VI. PHÉNOMÈNES PARTICULIERS

L’utilisation du radar permet de détecter des phénomènes particuliers, difficilement observables autrement, du moins dans leur entièreté.

VI.1. Les dortoirs

Le rassemblement de plusieurs centaines voire milliers d’individus en dortoir est un phénomène tout à fait intéressant à suivre par radar. En effet, cette technique permet de visualiser la taille des vols (notamment les immenses vols d’étourneaux) ou la provenance des oiseaux.

VI.1.1. Les ÉTOURNEAUX SANSONNETS

À plusieurs reprises, d’immenses vols d’Étourneaux sansonnets (*Sturnus vulgaris*) ont été notés par le radar et confirmés par des observations visuelles. Si le dénombrement du nombre d’individus est impossible par radar, la technique permet de mesurer la taille du vol. Ainsi, des vols de plusieurs dizaines de kilomètres de large ont été détectés (voir figures suivantes).

Figure 30 : Vol d’Étourneaux en baie de l’Aiguillon (22 km)
VI.1.2. Les Martinets

D’importants mouvements nocturnes ont été notés dans le fond du Golfe du Lion entre les mois de juin et juillet. Des observations visuelles et auditives au crépuscule ont permis d’identifier ces trajectoires comme étant des Martinets (Apus sp.). Il s’agit probablement soit d’oiseaux cerclant toute la nuit (le Martinet noir Apus apus « dort » en vol) soit d’individus non reproducteurs qui entament déjà une migration vers le Sud. Des conditions météorologiques particulières peuvent également amener les martinets nichant dans le Nord de l’Europe à effectuer un périple de plus de mille kilomètres vers le Sud à la recherche de nourriture pour nourrir les jeunes restés au nid.
VI.1.3. LES HIRONDELLES

Les rassemblements d’Hirondelles (Hirondelles rustiques *Hirundo rustica* et Hirondelles de rivage *Riparia riparia*) sont également très bien détectés par le radar. Un suivi par radar dans l’estuaire de la Loire a permis de mettre ce phénomène en évidence. Ce sont en effet plusieurs milliers d’individus qui rejoignent une roselière au crépuscule pour y passer la nuit (voir Figure 34). À l’aube, elles quittent la roselière et se dispersent dans toutes les directions (voir Figure 35).
Figure 34 : Mouvements d’Hirondelles en soirée, formation du dortoir dans une roselière

Figure 35 : Décollage d’un dortoir d’Hirondelles à l’aube
VI.1.4. **LES GRIÈVES CENDREES**

Des observations par radar aux alentours du lac du Der (51) ont permis de détecter les trajectoires des vols arrivant vers le lac à la tombée de la nuit. L'allure en "V" des vols est alors bien visible (voir Figure 36).

![Figure 36 : Arrivée des Grièves cendrées au lac du Der au crépuscule](image)
VI.2. L’arrivée à terre des rapaces migrateurs dans le Golfe du Lion

Le radar a également permis de suivre les rapaces migrateurs lors de leur arrivée à terre dans le fond du Golfe du Lion au printemps. Ces oiseaux arrivent en vol battu, au ras des vagues. Sitôt après avoir atteint la terre, ils profitent des courants thermiques ascendants (pompes) et prennent très rapidement de l’altitude sans effort (vol plané). Ils "glissent" ensuite de thermiques en thermiques et échappent ainsi à tout moyen d’observation. Ce phénomène a notamment été observé pour le Busard des roseaux (*Circus aeruginosus*), le Balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*)...

![Figure 37 : Prise d'altitude des rapaces en arrivant au-dessus de la terre](image)
VI.3. Le baguage des oiseaux

Le radar a été utilisé à plusieurs reprises sur des sites de captures des oiseaux à des fins de baguage, notamment :
- lors de séances de captures nocturnes des Alouettes des champs (*Alauda arvensis*),
- de nuit, les séances de captures débutant à l’aube.

L’utilisation du radar a permis de compléter les informations collectées par les bagueurs :
- importance du flux,
- altitudes de vol,
- directions de vol,
- réponse à la repasse (diffusion du chant pour attirer les espèces recherchées).

Les tests réalisés lors de séances nocturnes de captures des Alouettes ont montré une forte attirance de cette espèce pour la repasse (voir Figure 37).

![Figure 38 : Réponse des Alouettes des champs à la repasse](image)

Des tests ont également été menés en roselière pour tester la réponse à la repasse des oiseaux migrant la nuit. Les résultats montrent qu’en début de nuit, ils sont peu sensibles à la repasse, l’altitude de vol plus élevée ne facilitant de plus pas la réaction. En fin de
nuit, le radar permet par contre de visualiser très précisément les mouvements de descente vers la roselière (voir Figure 39).
À l’inverse, le radar permet d’observer le flux qui décolle du site de halte migratoire en début de nuit (voir Figure 40).

Figure 39 : Effet de la repasse sur les mouvements nocturnes

Figure 40 : Passereaux quittant un site de halte en début de nuit
VI.4. L’identification des trajectoires

La plupart du temps l’identification directe des trajectoires à partir des seules images radar n’est pas possible. Seules quelques signatures typiques et allures d’échos permettent à un opérateur expérimenté de déterminer de quel grand type d’oiseaux il s’agit (vol en V des Grues, front de passereaux…).

Dans le cas où des observations visuelles sont réalisées simultanément au suivi par radar (radar en balayage horizontal), il est possible de corréler les deux sources d’information et d’identifier des trajectoires. Cela permet de réaliser des cartes présentant, pour chaque espèce, les principales trajectoires.

Figure 41 : Exemple de cartographie des trajectoires
VII. CONCLUSION DE L’ÉTUDE

La technique radar est utilisée dans plusieurs pays d’Europe et aux Etats-Unis pour suivre les mouvements d’oiseaux. L’utilisation du radar renseigne précisément sur les flux d’oiseaux (directions de vol, altitudes de vol, …) et ce de jour comme de nuit.

L’ensemble des informations sur l’importance des flux et les altitudes de vol sont rassemblées dans une base de données comprenant près de 3 millions d’échos radar enregistrés sur 62 sites en France entre 2003 et 2007. L’analyse de cette base permet de dégager de grandes tendances au niveau national :

- les flux notés en période de migration postnuptiale sont supérieurs ceux notés au printemps lors de la migration prénuptiale,
- on observe un net pic de migration en début de nuit,
- les mouvements prénuptiaux sont observés de mars à mi-mai ; les mouvements postnuptiaux d’août à début novembre (avec un pic début octobre),
- d’importants mouvements sont enregistrés en période de nidification. Ils sont attribués à la fois à des échanges locaux et à des migrateurs,
- le flux nocturne est de loin supérieur au flux diurne (72% des mouvements sont nocturnes),
- la proportion entre le flux diurne et le flux nocturne varie au cours de l’année (60% de mouvements nocturnes au printemps, 71% à l’automne),
- les altitudes de vol diurnes sont inférieures à celles des mouvements nocturnes,
- les altitudes de vol sont maximales en début de nuit ; elles décroissent progressivement en seconde partie de nuit,
- les altitudes de vol au printemps sont plus élevées qu’à l’automne,
- pour un même site, on observe une tendance à la diminution des altitudes de vol au cours de la période postnuptiale.

Le radar peut également s’avérer très utile pour étudier des phénomènes particuliers (dortoirs, fonctionnement écologique d’un site, lien avec le baguage, planeurs dans les ascendances thermiques…).

La corrélation avec des observations visuelles permet également de cartographier très précisément les trajectoires de certaines espèces. Ces deux techniques sont parfaitement complémentaires.
VIII. BIBLIOGRAPHIE


Étude des mouvements d’oiseaux par radar – analyse des données existantes

LPO - BIOTOPE, novembre 2008 52
Étude des mouvements d'oiseaux par radar – analyse des données existantes

LPO - BIOTOPE, novembre 2008

53


WINKELMAN J.E., 1992e. - *The impact of the Sep Wind Park near Oosterbierum (Fr.), The Netherlands, on birds. 4. Disturbance*. RIN-Rapport 92/5.
