



ÉTUDE DE LA MIGRATION POST-NUPTIALE PAR RADAR

- ANNEE 2008 -



Mai 2009

Expertise et gestion des espaces naturels • Assistance à la mise en place de politiques environnementales
Communication visuelle • Edition scientifique naturaliste • Formation professionnelle • Voyages • Photothèque

Siège Social :
22, bd Maréchal Foch – BP 58 – 34140 Mèze
Tél : 04 67 18 46 20 – Fax : 04 67 18 46 29
e-mail : siègesocial@biotope.fr

BIOTOPE / GREET Agence Nord – Littoral :
ZA de la Maie, avenue de l'Europe – 62720 Rinxent
Tél : 03 21 10 51 52 – Fax : 03 21 10 51 85
e-mail : greet@biotope.fr

Introduction

Le Parc Naturel Régional des Marais du Cotentin et du Bessin a demandé à BIOTOPE de réaliser une étude de la migration postnuptiale par radar. Cette étude consiste en l'identification des voies de déplacement des oiseaux en migration post-nuptiale par radar à l'échelle du territoire du PNR.

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 soixantaine de sites ont déjà fait l'objet d'un suivi par radar au cours de ces six dernières années.

Le radar a été utilisé sur plusieurs points d'échantillonnage, au cours de la saison de migration postnuptiale 2008 (entre septembre et décembre).

Ce rapport présente donc l'analyse des données collectées par radar et la cartographie des voies de migration identifiées.

ÉTUDE DE LA MIGRATION POST- NUPTIALE PAR RADAR - ANNEE 2008 -

Sommaire

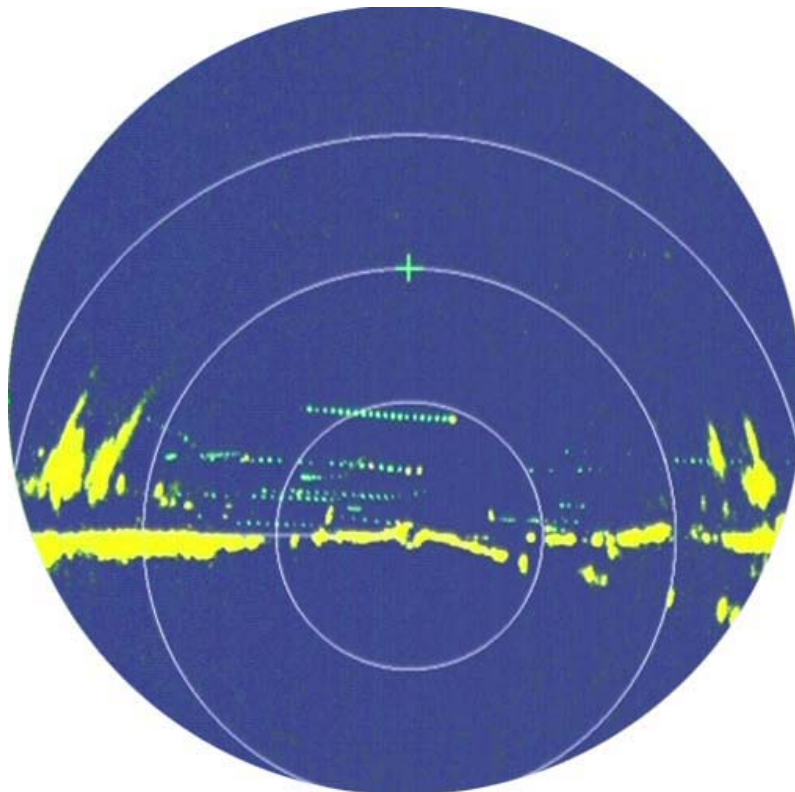
I.	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	5
II.	ASPECTS METHODOLOGIQUES	6
II.1.	AIRE D'ETUDE	6
II.1.1.	Les sites d'étude	6
II.1.2.	Définition des aires d'étude	6
	EQUIPE DE TRAVAIL	8
II.2.	LES PERIODES DES INVENTAIRES	8
II.3.	METHODES D'ETUDE	8
II.3.1.	Méthode d'étude de l'avifaune par radar	8
II.3.2.	Conditions des observations	9
III.	DIAGNOSTIC SPATIAL DES MOUVEMENTS MIGRATOIRES	12
III.1.	GENERALITES	12
III.2.	REPARTITION SELON LES JOURS D'OBSERVATION	12
III.2.1.	En septembre	12
III.2.2.	En octobre.....	15
III.2.3.	En décembre	20
III.3.	DISTRIBUTION DES TRAJECTOIRES D'OISEAUX	23
III.4.	PHÉNOMÈNES PARTICULIERS.....	34
III.4.1.	La Bernache cravant.....	34
III.4.2.	Les anatidés	35
III.4.3.	Les Pigeons ramiers.....	36
III.4.4.	Les laridés.....	37
III.5.	ANALYSE DES DONNEES.....	38

IV.	DIAGNOSTIC DES ALTITUDES DE VOL.....	42
V.	ESTIMATION DES EFFECTIFS D'ECHOS OBSERVES EN MOUVEMENT	47
V.1.	TENDANCES GENERALES	47
V.2.	ÉVOLUTION JOURNALIERE	49
V.3.	DIFFERENCES ENTRE LES FLUX DIURNES ET NOCTURNES.....	51
VI.	CONCLUSION.....	53
VII.	BIBLIOGRAPHIE	54
VIII.	ANNEXE 1 : DESCRIPTIF TECHNIQUE DU RADAR	58
IX.	ANNEXE 2 : MÉTHODES ET LIMITE DE L'ETUDE RADAR	61
IX.1.	LIMITES DE L'ETUDE PAR RADAR	63
IX.2.	EXPLOITATION DES RESULTATS	64
IX.2.1.	Définition du MTR.....	64
IX.2.2.	En balayage vertical	64
IX.2.3.	En balayage horizontal.....	65

I. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Les objectifs de cette étude sont multiples :

- Inventaire, définition, localisation, quantification des voies de déplacement des oiseaux migrateurs de nuit comme de jour par radar ;
- Étude des hauteurs de vol des oiseaux transitant par le territoire du Parc ;
- Hiérarchisation des voies de déplacement des oiseaux à l'échelle du territoire du Parc.



Exemple de visualisation de trajectoires d'oiseaux sur l'écran radar

II. ASPECTS METHODOLOGIQUES

II.1. AIRE D'ETUDE

II.1.1. LES SITES D'ETUDE

Le site d'étude correspond au territoire du Parc Naturel Régional des Marais du Cotentin et du Bessin, dans la presqu'île du Cotentin. La grande majorité du territoire du PNR est constituée de bocage et de zones humides (marais, rivières). Sur les 1 377 km² du Parc, 994 km² (70%) ont été couverts par le radar.

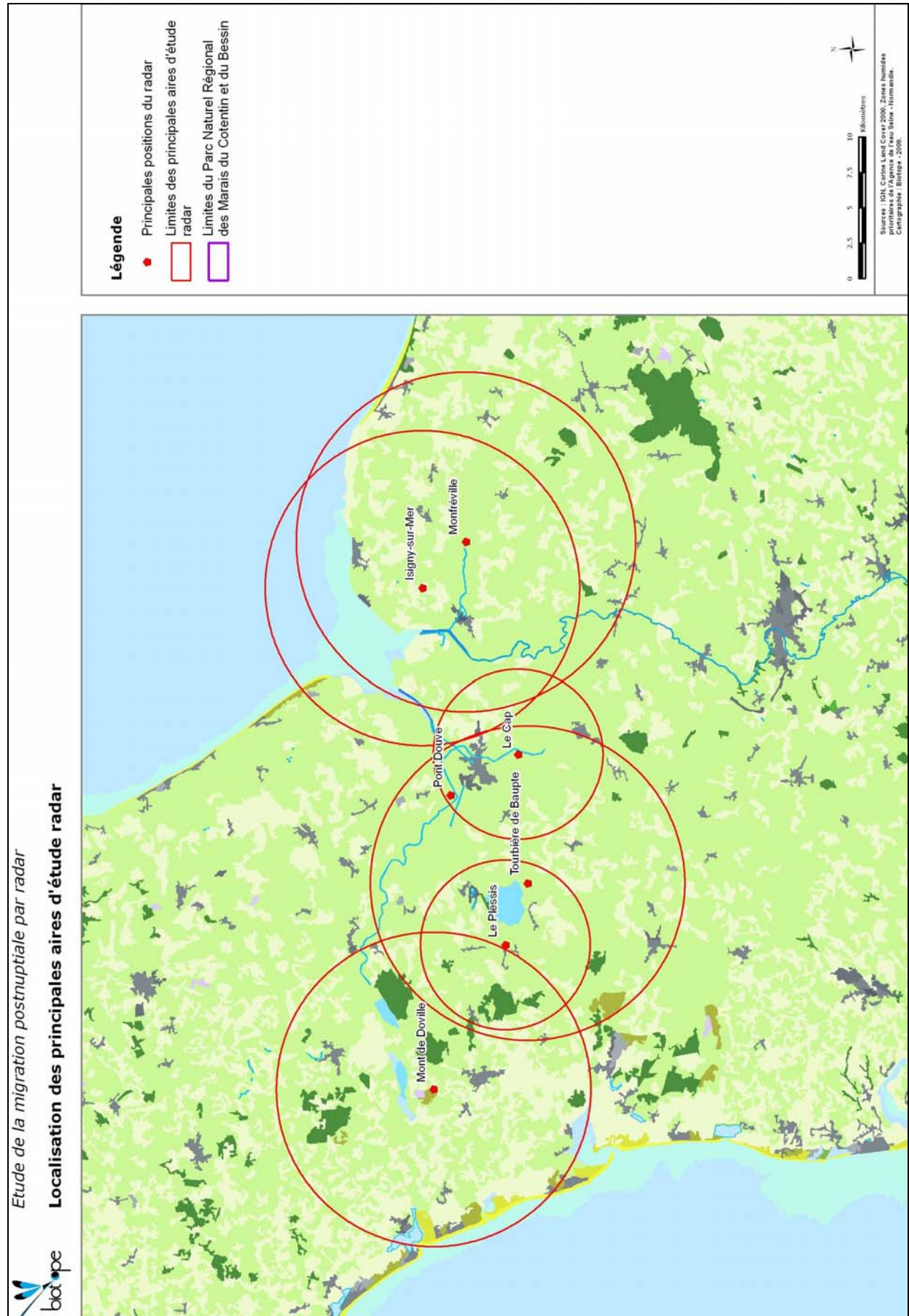
Au total, cinq principaux secteurs ont été choisis pour suivre la migration des oiseaux par radar :

- la position de « Monfréville » à l'Est du PNR, pour visualiser la migration des oiseaux aux abords d'une topographie orientée Est/Ouest avec la vallée de l'Aure (axe également du trait de côte) ;
- la position de « le Cap » au Sud de la Baie des Veys et dans l'axe de la vallée de la Douve ;
- la position de « le Plessis » au Sud-Ouest de la Baie des Veys et à proximité immédiate de la Tourbière de Baupte (site majeur pour les anatidés) ;
- La position du « Mont de Doville » à l'Ouest du PNR ;
- La position de « Pont Douve » au Nord-Ouest de Carentan, dans l'axe entre la Baie des Veys et la tourbière de Baupte.

Quelques positions ont été suivies de manière secondaire (Tourbière de Baupte, Isigny sur Mer) pour parfaire la couverture de la zone d'étude.

II.1.2. DEFINITION DES AIRES D'ETUDE

Le radar a été principalement utilisé à l'échelle 6 Milles nautiques (11,1 km de rayon) ; certains sites ont été suivis à l'échelle 3 MN de rayon. La carte, présentée à la page suivante, met en évidence les zones couvertes.



EQUIPE DE TRAVAIL

La constitution d'une équipe pluridisciplinaire spécialisée dans l'utilisation des technologies radar a été nécessaire dans le cadre de cette étude :

L'EQUIPE	
Domaine d'intervention	Agents de BIOTOPE
Chef de projet, écologue spécialiste radar, expert ornithologue, analyse et rédaction	Arnaud GOVAERE
Fauniste, expert ornithologue, spécialiste radar, responsable des relevés de terrain	Sébastien DEVOS
Traitement des données, cartographie	Cédric ELLEBOODE, Sébastien DEVOS, Sabrina LANGIN & François HUCHIN
Contrôle Qualité	Rénald BOULNOIS

II.2. LES PERIODES DES INVENTAIRES

Le suivi par radar a porté sur la migration postnuptiale des oiseaux.

Il a été effectué pendant la période théorique de migration des oiseaux. Les relevés ont eu lieu :

- du 01 au 05 septembre 2008 (1^{er} passage),
- du 15 au 21 octobre 2008 (2^e passage), deux journées supplémentaires ont été réalisées sur le site de Pont Douve au cours du week-end du 18 au 20 octobre (radar en mode automatique, sans opérateur),
- du 02 au 06 décembre 2008 (3^e passage). Nous avons également laissé le radar en service sur le site de Pont Douve durant 4 jours, soit du 06 au 10 décembre 2008 (en mode automatique sans opérateur).

Nous avons choisi de séparer le suivi en trois passages afin de suivre différents moments de la migration d'automne.

Dans la mesure du possible, les dates des suivis par radar ont été calées sur celles des inventaires de terrain du Groupe Ornithologique Normand (suivi visuel de la migration).

II.3. METHODES D'ETUDE

II.3.1. METHODE D'ETUDE DE L'AVIFAUNE PAR RADAR

Le protocole et le contexte général d'utilisation d'un radar dans les interactions des oiseaux avec les projets éoliens ont été décrits dans un rapport spécifique réalisé pour le compte de l'ADEME (GREET Ingénierie, 2005). Le matériel et le protocole employés ainsi que les limites de la méthode sont décrits en annexes 1 et 2.

II.3.2. CONDITIONS DES OBSERVATIONS

(voir carte § 1.2.)

Les différentes positions d'émission radar ont été choisies de manière à couvrir au maximum l'aire d'étude, mais aussi de manière à optimiser les performances du radar pour obtenir les informations souhaitées (distribution des mouvements migratoires de passereaux, des mouvements migratoires de Bernaches cravants, mise en évidence des altitudes de vol, ...). Le relief (peu marqué ici), les accès et la présence de végétation stoppant les ondes radar ont été pris en compte lors du choix des différentes positions d'émission.



Photo prise à partir du calvaire se trouvant à proximité de la position d'émission de « le Plessis ». On peut-y voir en arrière plan la tourbière de Baupte en eau.

- LES CONDITIONS DE PROSPECTION RADAR -		
date	Emplacement du radar	Conditions météorologiques
Septembre		
Du 01 au 02 septembre 2008	Monfréville °	Linéaire de cumulus, nuages d'altitude et ciel bleu. Le ciel se couvre en soirée avec apparition progressive de pluie. La deuxième partie de nuit est pluvieuse.
Du 02 au 03 septembre 2008	Le Cap °	Pluie une bonne partie de la matinée. Le reste de la journée, le ciel est couvert avec passages pluvieux relativement localisés
Du 03 au 04 septembre 2008	Mont de Doville °	Soirée et début de nuit étoilée, le vent est faible. Arrivée progressive de pluie localisée. Le matin le vent est plus fort et le ciel reste couvert.
Du 04 au 05 septembre 2008	Le Plessis	Pas de données météo

- LES CONDITIONS DE PROSPECTION RADAR -		
date	Emplacement du radar	Conditions météorologiques
Octobre		
Du 15 au 16 octobre 2008	Le Cap	Pas de données météo
Le 16 octobre 2008	Le Cap °	Pas de données météo
Le 16 octobre 2008	Baupte	Pas de données météo
Le 16 octobre 2008	Le Plessis	Pas de données météo
Du 16 au 17 octobre 2008	Le Plessis °	Ciel couvert (cumulus) avec pluie occasionnelle, puis beau temps avec une couverture nuageuse moyenne
Du 17 au 18 octobre 2008	Mont de Doville °	Beau temps couverture nuageuse de faible
Du 18 au 19 octobre 2008	Pont Douve °	Pas de données météo, absence d'opérateur radar
Du 19 au 20 octobre 2008	Pont Douve	Pas de données météo, absence d'opérateur radar
Du 20 au 21 octobre 2008	Monfréville	Ciel dégagé en matinée, puis couverture nuageuse basse. Le temps devient pluvieux.
Le 21 octobre 2008	Mont de Doville	Pas de données météo
Décembre		
Du 02 au 03 décembre 2008	Mont de Doville	En milieu de nuit le temps est très couvert, humidité importante (passages pluvieux réguliers, mais très localisés). Le matin le temps est relativement dégagé ; une perturbation arrive en milieu de matinée apportant des averses régulières (eau & grêle). La pluie est de plus en plus présente au fil de la journée.
Du 03 au 04 décembre 2008	Tourbière de Baupte °	Pas de données météo
Du 04 au 05 décembre 2008	Isigny-sur-Mer °	Vent d'Ouest modéré avec un ciel couvert et passages pluvieux réguliers, mais très localisés.
Du 05 au 06 décembre 2008	Pont Douve	Pas de données météo, absence d'opérateur radar
Du 06 au 07 décembre 2008	Pont Douve °	Pas de données météo, absence d'opérateur radar
Du 07 au 08 décembre 2008	Pont Douve	Pas de données météo, absence d'opérateur radar
Du 08 au 09 décembre 2008	Pont Douve °	Pas de données météo, absence d'opérateur radar
Du 09 au 10 décembre 2008	Pont Douve	Pas de données météo, absence d'opérateur radar

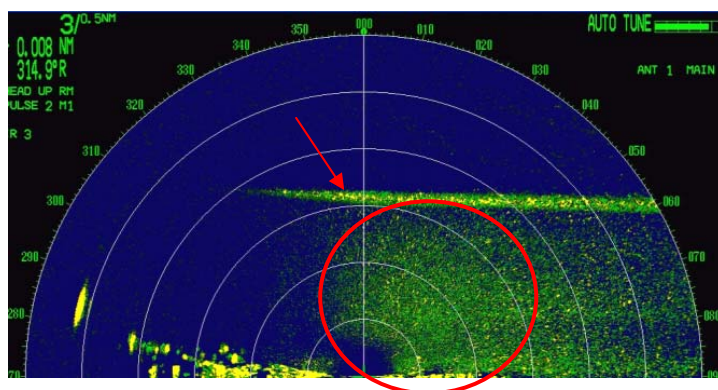


Image radar en mode de balayage vertical au cours de la journée du 02 septembre. On peut y observer la visualisation radar du plafond nuageux qui se trouve à environ 3000 mètres (flèche), ainsi qu'une averse (cercle). Cette information est importante car la hauteur de vol des oiseaux migrateurs est souvent conditionnée par l'altitude de la couche nuageuse par temps couvert.



Antenne de l'unité radar mobile « AviScan II ».

II.3.2.1. Echelles d'observation

Les déplacements d'oiseaux ont été observés à plusieurs échelles. Nous avons préférentiellement utilisé l'échelle 6 milles nautiques (MN) de rayon (11,2 km) pour cartographier les trajectoires mais des échelles plus fines (2,7 ou 5,5 km de rayon) ont été épisodiquement utilisées pour zoomer sur un secteur précis.

En mode de balayage vertical, seule l'échelle 1,5 MN de rayon (2,7 km) a été utilisée.

III. DIAGNOSTIC SPATIAL DES MOUVEMENTS MIGRATOIRES

III.1. GENERALITES

Les mouvements migratoires qui ont été détectés par radar sont liés au phénomène de la migration postnuptiale qui débute dès la fin juillet. Au cours des mois d'août, septembre, octobre et novembre, bon nombre d'espèces migrent vers leurs zones d'hivernage. Les oiseaux migrateurs qui traversent la zone d'étude empruntent la voie migratoire dite 'atlantique'. Elle rassemble plusieurs millions d'oiseaux en provenance du Nord de l'Europe et à destination des quartiers d'hivernage du Sud de l'Europe et de l'Afrique.

A l'échelle du Cotentin, si les grandes tendances des voies de migration sont connues (Debout, 1982), le détail de la répartition des voies à travers la presqu'île restait peu connu, surtout de nuit.

III.2. REPARTITION SELON LES JOURS D'OBSERVATION

Les trois semaines d'observation présentent des situations différentes du point de vue des vols locaux ou migratoires.

III.2.1. EN SEPTEMBRE

En septembre, on observe un certain nombre d'espèces locales (Busard des roseaux, Cigogne blanche, Tarier des prés, Héron pourpré, Héron garde-bœuf, Epervier d'Europe, Pigeon colombin, ...). Une activité importante d'Hirondelles en chasse sur le site occasionne un parasitage des images radar en horizontal. De nuit, on est également en présence d'une importante activité de chiroptères. Peu de mouvements migratoires marqués ont été observés au cours de cette semaine. La météo est défavorable à la migration, la présence régulière de pluie nuit au bon fonctionnement du radar en raison du brouillage des images par les gouttes.

- La nuit du 01 au 02 septembre (position radar de « Monfréville »), a permis de mettre en évidence la direction principale empruntée par les oiseaux migrateurs de petite taille (passereaux). Au cours de cette nuit, la migration était peu marquée et concernait des vols d'individus seuls orientés vers l'Ouest (260 à 280°). Les hauteurs de vol étaient comprises entre 0 et 1000 mètres avec un maximum de mouvement aux alentours de 500 mètres. Les deux pics de migration pour cette nuit ont été observés à 19h30 et entre 23h00 et 01h00.

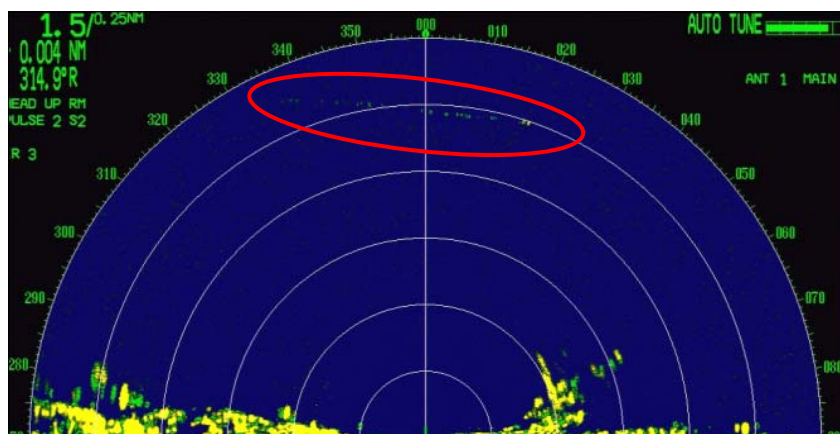


Image radar en mode de balayage vertical au cours de la soirée du 01 septembre, on peut y observer un oiseau en vol direction Sud à une altitude d'environ 2400 mètres, en descente progressive.

Au cours de la journée du 2 septembre, un dortoir d'Hirondelles rustiques a pu être mis en évidence au Nord de la position radar de Monfréville.

- La nuit du 02 au 03 septembre était très calme sur la position radar de « Le Cap », la journée suivante également ; peu de mouvements migratoires ont été mis en évidence. La plupart des vols observés concernaient des mouvements à très basse altitude avec une tendance Sud (140 à 200°) ainsi que des mouvements orientés vers l'Ouest (270 à 300°).
- Sur la position radar du « Mont de Doville », la nuit du 03 au 04 septembre a permis de mettre en évidence une activité migratoire nocturne assez remarquable en effectif entre 21h30 et 23h00 principalement (probablement en raison de l'apparition de petits passages pluvieux après 23h00). La migration est principalement observée entre 300 et 1000 mètres au dessus de la position radar (les vols les plus hauts ont été observés à près de 2000 mètres).

De jour comme de nuit, le couloir se trouvant entre le Mont de Doville et le Mont du Bois d'Etencin est régulièrement emprunté comme voie d'échange entre la vallée du Marais de la Sangsurière et la vallée de la Haye du Puits.

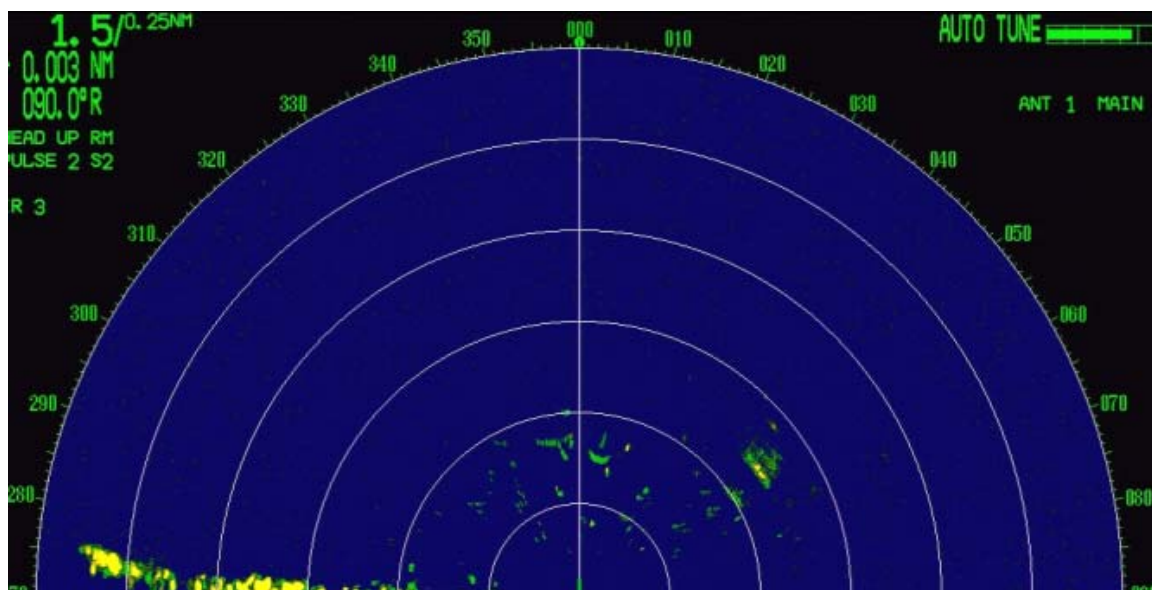


Image radar en mode de balayage vertical au cours de la nuit du 03 au 04 septembre, on peut y observer le pic de migration (vers 21h50).



Point de vue à partir de la position radar du Mont de Doville



Image radar en mode de balayage vertical au cours de la nuit du 03 au 04 septembre, on peut y observer un oiseau en vol à environ 800 mètres d'altitude qui interrompt brutalement son vol par une chute libre en cerclant pour se poser à 03h43 avant l'arrivée d'une averse à 03h45 sur cette même position

- Sur la position radar de « Le Plessis », la nuit du 04 au 05 septembre a permis de mettre en évidence une petite activité migratoire nocturne. Ces mouvements observés concernent des vols orientés vers l'Est (75 à 95°). Quelques mouvements sont également observés en direction du quart Nord.

En soirée, des vols importants d'oiseaux convergent en direction de la tourbière (site dortoir). Il s'agit de vols d'Etourneaux sansonnets, d'Hirondelles et de corvidés.

III.2.2. EN OCTOBRE

En octobre, les conditions météorologiques sont plus favorables à la migration. Quelques vols de Bernache cravant on pu être observés traversant le PNR, ainsi que quelques vols de passereaux et des échanges journaliers de canards entre la Tourbière de Baupte et les marais environnants. Deux nuits de migration nocturne ainsi qu'une matinée ont permis d'apporter des informations sur les couloirs empruntés, les hauteurs de vol, les heures d'activité et la direction prise.

- La nuit du 15 au 16 octobre (position radar de « Le Cap ») n'a pas donné de résultats en raison de la pluie. Dans le courant de la matinée, quelques heures après l'arrêt complet de la pluie, une migration diurne importante se met en place sur le site en direction du Sud-Est (130 à 150°). Cette migration s'est faite à une altitude suffisamment importante pour rendre le comptage difficile par la méthode du suivi visuel classique.

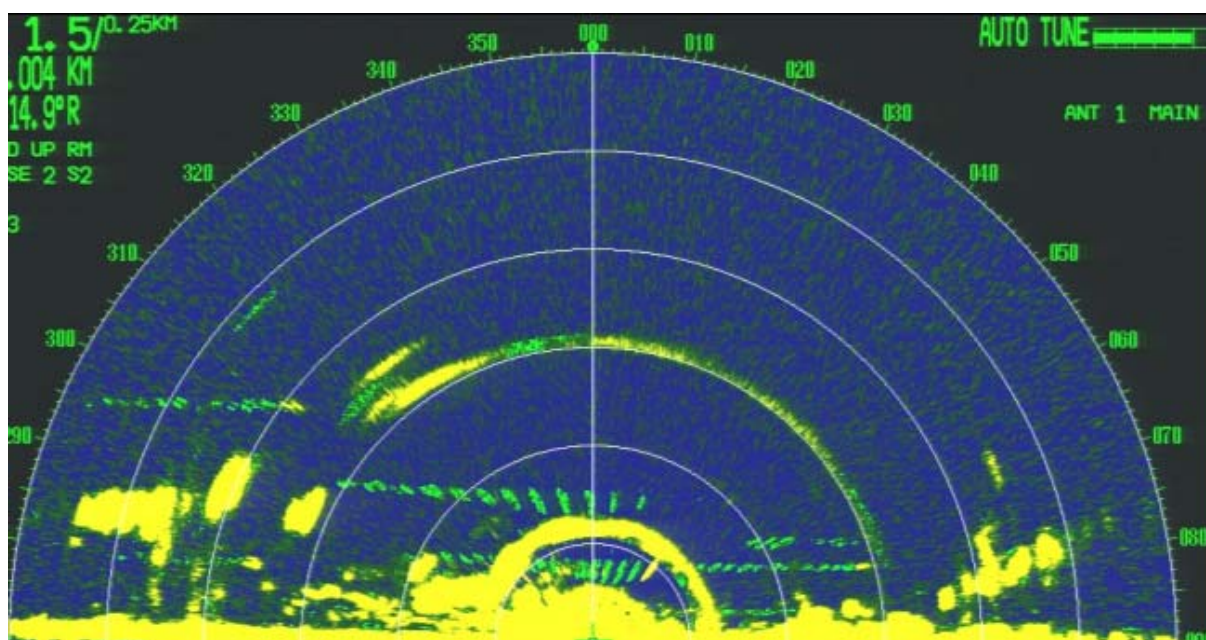


Image radar en mode de balayage vertical au cours de la journée du 16 octobre. On peut y observer le pic de migration de passereaux en vol direction Sud-Est à une altitude comprise entre 0 et 1500 mètres.

- Le 16 octobre, entre 15h00 et 16h00 sur la position de « Baupte », le radar a permis de mettre en évidence une activité en altitude concernant des vols d'individus seuls mais aussi de groupes ayant tous un vol en direction du quart Sud-Est avec une altitude comprise entre 400 et 1000 mètres. On a également observé le vol d'un individu seul en descente à proximité de la position radar, Passant d'une altitude de vol d'environ 500 mètres jusqu'au sol dans les bassins de décantation au sud du village de Baupte et cela en deux minutes (voir image radar suivante) !

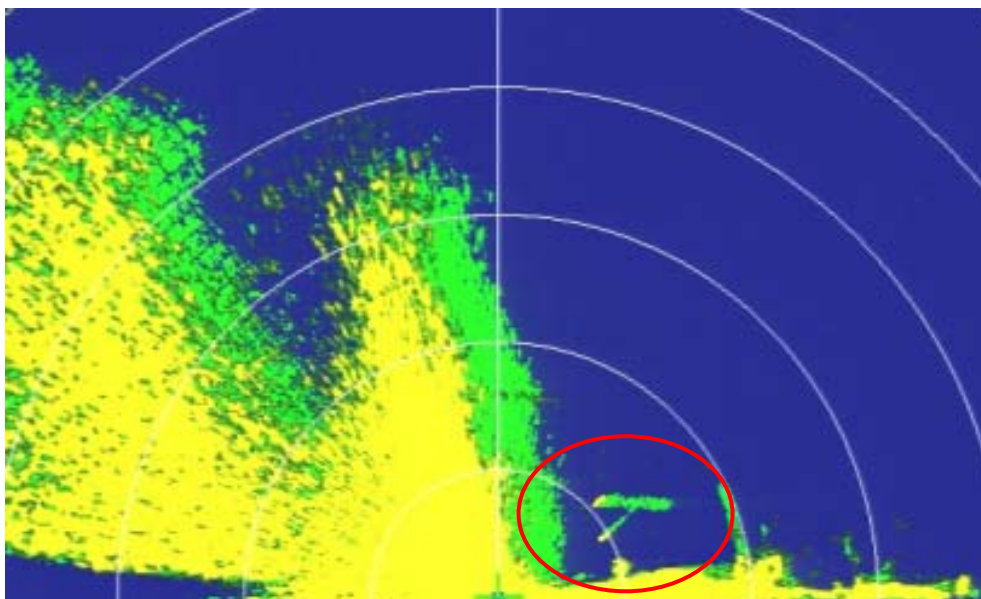


Image radar en mode de balayage vertical au cours de la journée du 16 octobre, on peut y observer un oiseau passer d'une altitude de vol de 500 mètres jusqu'au sol en deux minutes !

Remarque : cette observation montre les limites de la seule observation visuelle, car une grande partie des vols se trouve au-delà des capacités d'un observateur au sol. La seule possibilité de savoir s'il y a réellement de la migration en altitude est de se positionner à proximité des zones de convergence des espèces que l'on recherche comme ici la tourbière et les bassins de décantation.

- La nuit du 16 au 17 octobre (position radar de « Le Plessis »), le radar a permis de mettre en évidence une activité migratoire importante toute la nuit. En analysant les images radar on distingue deux catégories de vols :
 - Un grand nombre de vols orientés Sud à Sud-Sud-Ouest avec des altitudes de vols allant de 0 à 1000 mètres (quelques vols occasionnels sont observés au-delà de 2000 mètres), la grande majorité des vols sont observés entre 250 et 750 mètres (entouré en violet sur l'image radar).
 - D'autres vols moins nombreux sont observés à des altitudes plus importantes, il s'agit de toute évidence d'oiseaux de plus grande taille compte tenu de la taille plus importante des échos observés sur l'écran radar. Ces vols sont détectés entre 750 et

1500 mètres d'altitude et présentent une direction de vol orientée d'avantage à l'Ouest, soit entre le Sud-Sud-Ouest et l'Ouest-Sud-Ouest (entouré en rouge sur l'image radar).

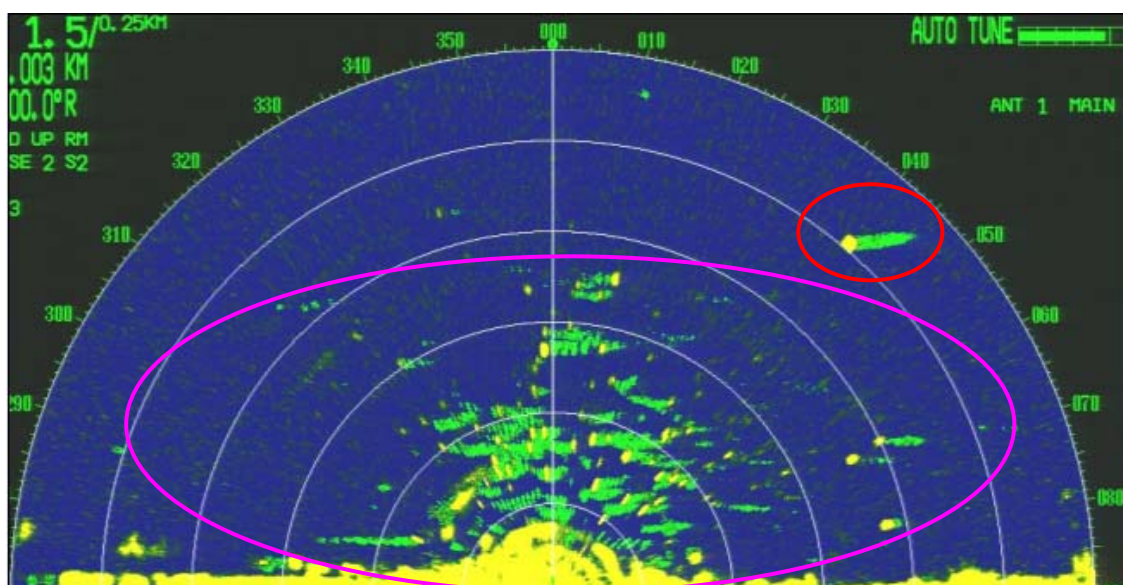


Image radar en mode de balayage vertical au cours de la nuit du 16 au 17 octobre 2008.

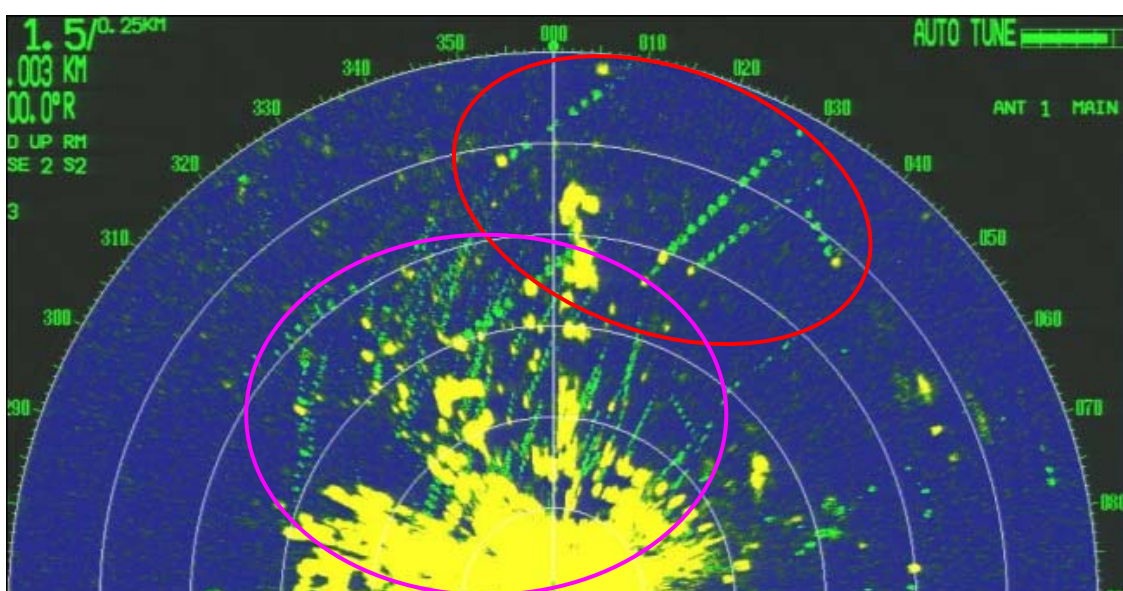


Image radar en mode de balayage oblique au cours de la nuit du 16 au 17 octobre, l'utilisation du radar en oblique permet d'affiner les informations obtenues en vertical pour l'ensemble des oiseaux volant en altitude.

A partir de 07h00 les mouvements migratoires commencent à s'effectuer en vol groupé de manière occasionnelle. A partir de 07h30 cela devient régulier. Lorsqu'on analyse les mouvements de passereaux au cours de la matinée on remarque que presque tous ont

une direction de vol orientée vers le quart Nord-Ouest : on est ici en présence d'une « rétro-migration » (retour en arrière) de passereaux relativement importante.

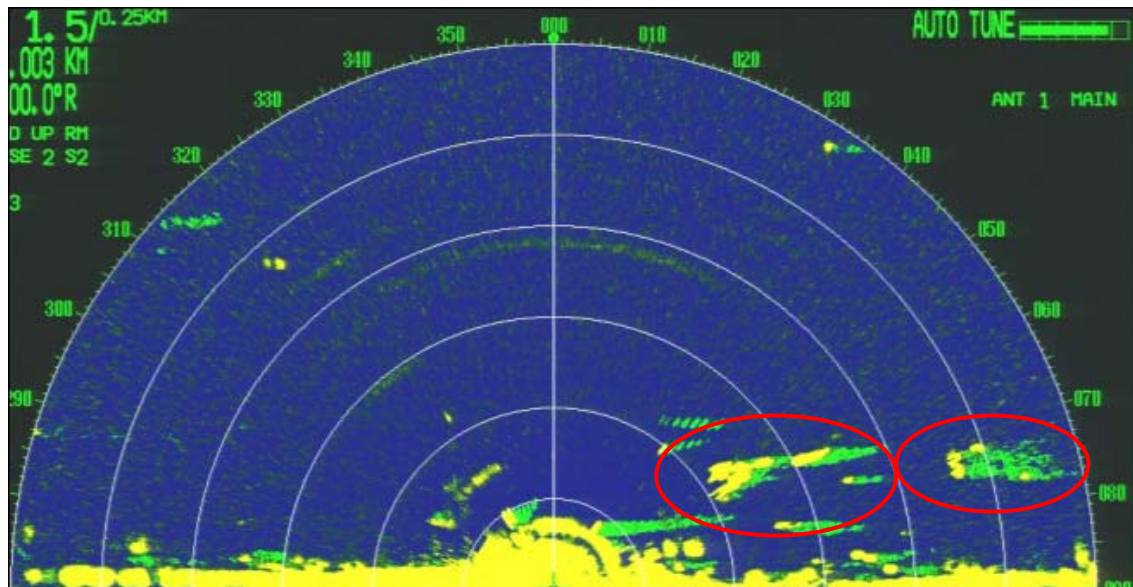


Image radar en mode de balayage vertical au cours de la matinée du 17 octobre, l'image met en évidence deux gros vols de passereaux à plus de 350 mètres d'altitude.

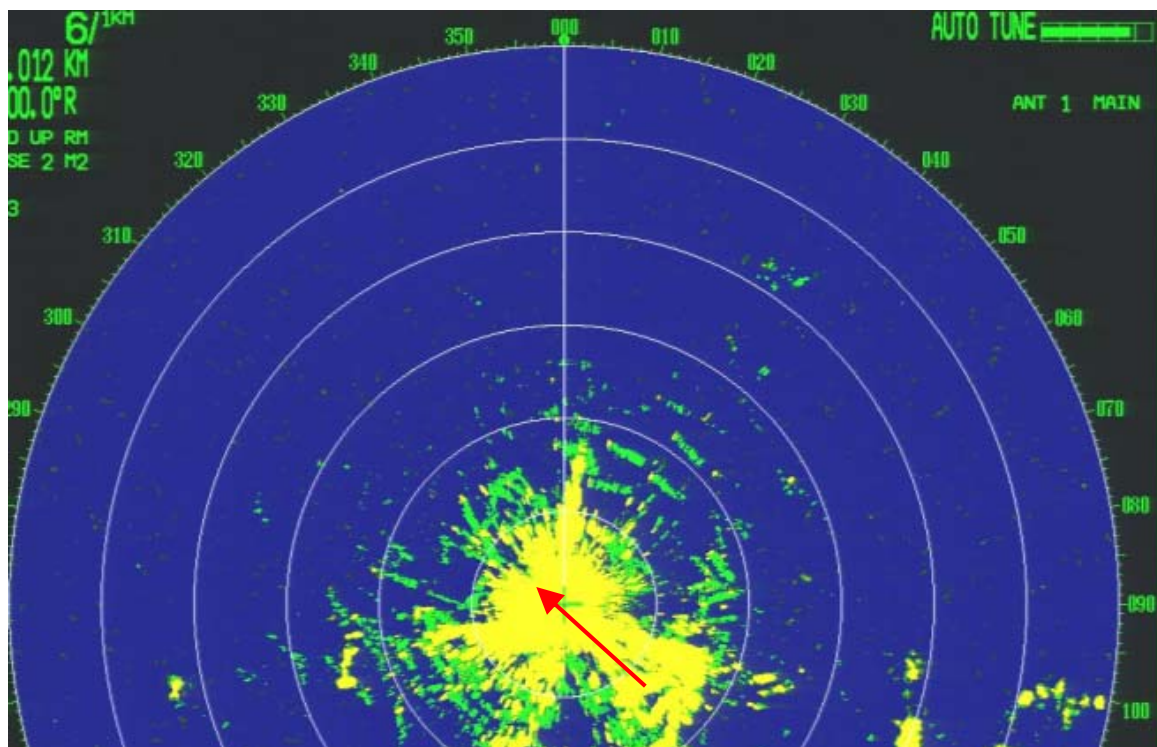


Image radar en mode de balayage oblique au cours de la matinée du 17 octobre, on observe sur cette image une direction des vols totalement différente de ce qui a été observé au cours de la nuit précédente : cette fois-ci les oiseaux volent en direction du Nord-Ouest.

- La nuit du 17 au 18 octobre (position radar du « Mont de Doville »), le radar a permis de mettre en évidence la capacité d'accueil en journée de

ce site et de ses abords pour les oiseaux migrateurs nocturnes. En effet, vers 18h40 le radar a commencé à détecter des vols ascendants au sein de son faisceau de détection en mode de balayage vertical. Ce démarrage d'activité migratoire nocturne ne concerne que des vols ascendants pendant près de 20 minutes avant de se mêler à une multitude de vols d'oiseaux ayant atteint leur altitude idéale de migration. Puis par la suite les vols présentant un changement d'altitude marqué deviennent occasionnels.

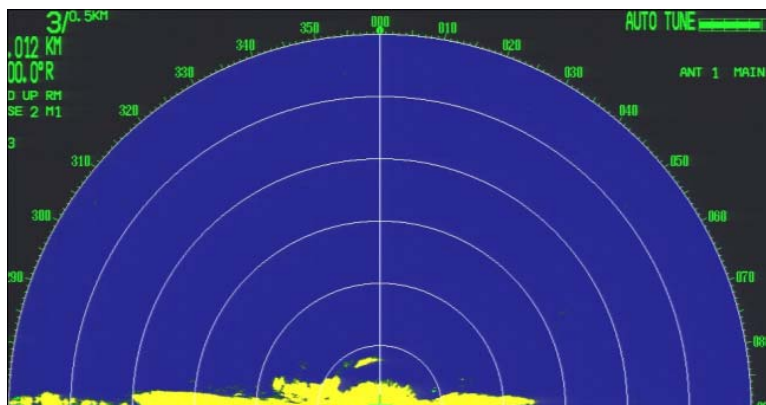


Image radar en mode de balayage vertical en soirée enregistrée à 18h40, on ne voit pas encore d'activité migratoire nocturne.

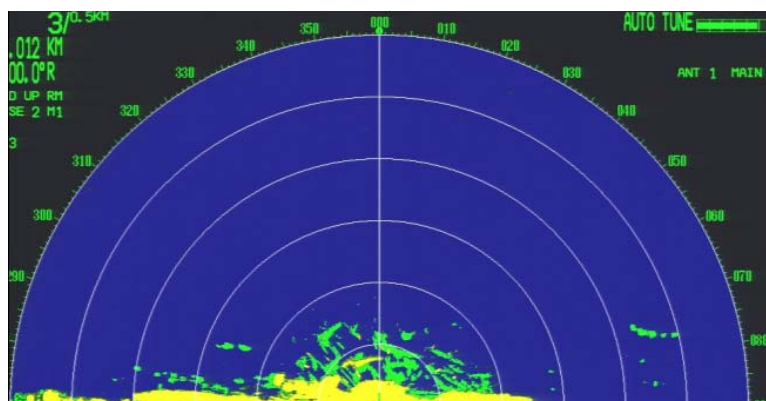


Image radar en mode de balayage vertical en soirée enregistrée à 19h00, on remarque un grand nombre de vols ascendant autour de la position d'émission radar.

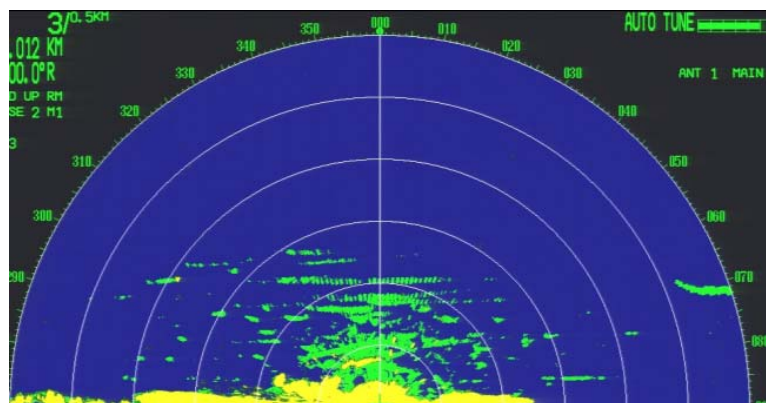


Image radar en mode de balayage vertical en soirée enregistrée à 19h20, les vols ascendant se sont raréfiés, les oiseaux ont tous atteint l'altitude de vol nécessaire pour leur migration.

On est à nouveau en présence d'une nuit de migration importante, les vols sont orientés vers le quart Sud-Ouest (seuls quelques vols ont une direction vers le Nord-Nord-Ouest en passant par le versant Ouest du Mont de Doville). La plupart des vols sont compris entre 0 et 1000 mètres d'altitude. Le vol le plus élevé détecté par le radar se trouvait à environ 2800 mètres d'altitude aux alentours de 20h40.

- Du 18 octobre en soirée jusqu'au 20 octobre le matin le radar a été placé sur le site de Pont Douve sans opérateur en mode de balayage horizontal. Nous ne disposons pas d'informations sur la direction des oiseaux migrants en altitude au cours de cette période d'échantillonnage.
- La journée du 20 octobre sur la position d'émission radar de « Monfréville », le temps est couvert et pluvieux. L'activité migratoire est très faible ce jour.
- En raison des conditions météorologiques défavorables à la migration au cours de la nuit du 20 au 21 octobre, le radar a été déplacé de « Monfréville » pour être mis en service à proximité de la tourbière afin de concentrer les efforts sur l'activité des anatidés. Malheureusement en raison des averses continues aucune information n'a pu être apportée sur les différents échanges qui ont pu se mettre en place au cours de la nuit.
- Le 21 octobre sur la position radar du « Mont de Doville », le radar n'a pas permis de mettre en évidence une activité migratoire diurne.

III.2.3. EN DECEMBRE

En décembre, la météo est à nouveau mauvaise, peu d'informations en résultent pendant les trois premiers cycles de suivi (2 au 5 décembre). Par contre les cycles suivants (5 au 10 décembre) apportent des informations sur les mouvements locaux qui se mettent en place à divers moments de la journée (échanges d'oiseaux inféodés aux milieux humides, Etourneaux, ...).

- La nuit du 02 au 03 décembre, le radar a été placé sur le site du « Mont Doville ». En milieu de nuit le temps est très couvert avec une humidité importante (passages pluvieux réguliers, très localisés). De nombreux vols dans l'axe de la vallée du marais de la Sangsurière orientés vers le quart Sud-Ouest ont été détectés. Des mouvements le long du versant Nord du Mont sont également observés, ainsi que des vols transversaux qui passent entre les différents monts boisés. En matinée le radar a permis de mettre en évidence une activité importante d'oiseaux sur le site. L'ensemble des échos observés concerne des vols d'oiseaux à très basse altitude sans direction homogène (vols d'échanges locaux).



Unité radar mobile « AviScan II Grand Nord » en mode de balayage horizontal sur le point d'émission radar de « Monfréville ».

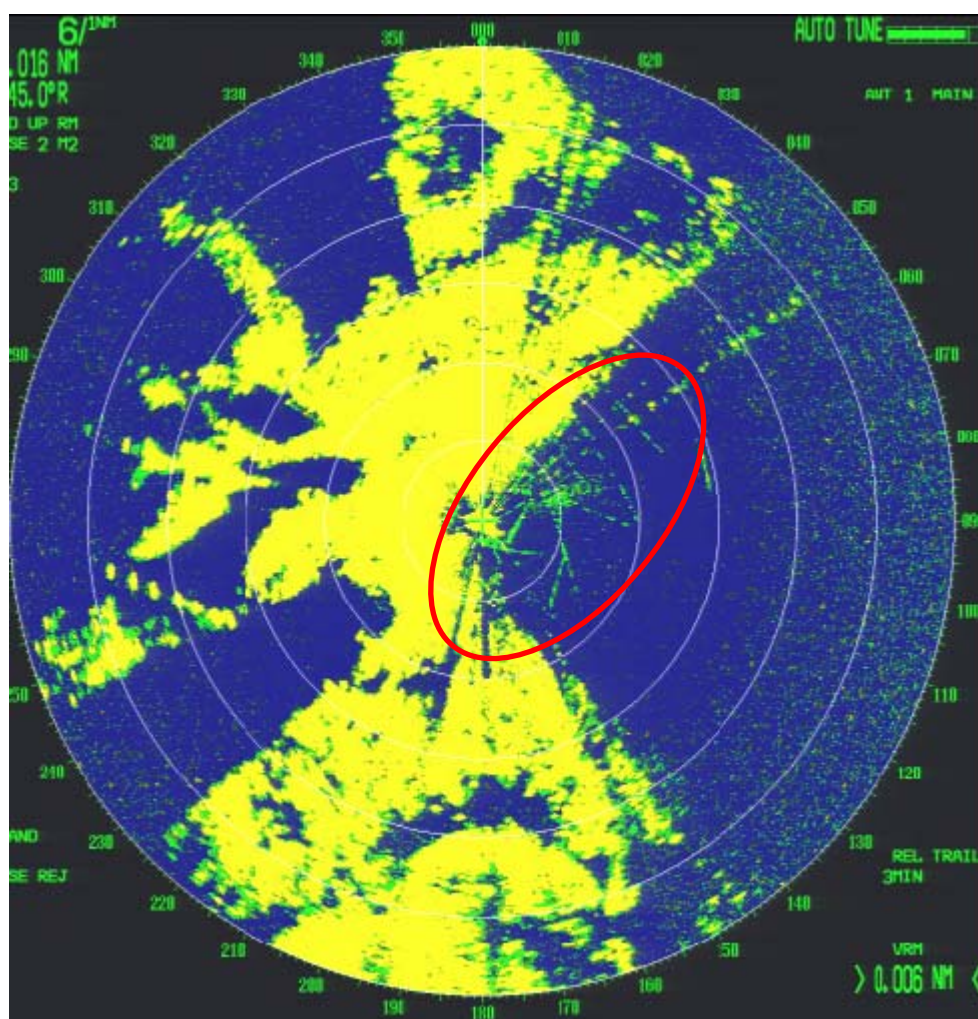
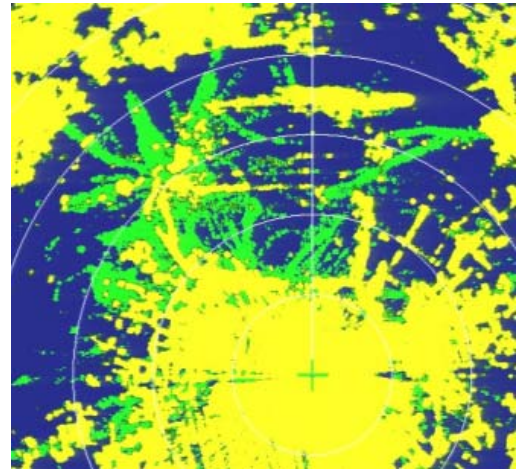


Image radar en mode de balayage horizontal faisant apparaître les différents vols en vert.

- Au cours de la soirée du 03 décembre, un dortoir important d'Étourneaux sansonnets a pu être mis en évidence au sein de la Tourbière de Baupte.

Image radar en mode de balayage horizontal mettant en évidence la convergence d'Étourneaux sansonnets vers leur dortoir se trouvant au sein de la tourbière de Baupte. Image enregistrée le 03 décembre en soirée.



- La nuit du 04 au 05 décembre (position radar de « Pont Douve »), on note un pic d'activité en soirée (18h00 – 20h00), suivi d'une période de pluie qui nuit au suivi d'activité plus tard en soirée. La grande majorité des mouvements sont orientés vers l'Ouest – Ouest-Sud-Ouest en particulier au Nord de la position radar. Ces mouvements correspondent à des oiseaux en stationnement diurne au sein du site de la Baie des Veys, donc probablement des oiseaux inféodés aux milieux humides. Le 05 décembre, sur la position radar de « Pont Douve », on retrouve un nouveau pic d'activité entre 6h30 et 8h00, en direction de la Baie des Veys : on est bien en présence d'oiseaux (notamment des anatidés et des limicoles...). en déplacement entre la côte et le marais intérieurs (zones de repose / zones de gagnage).

Entre 16h00 et 17h00 on remarque une convergence de mouvements qui peut correspondre à des vols d'étourneaux en direction du dortoir situé à proximité de la tourbière de Baupte.

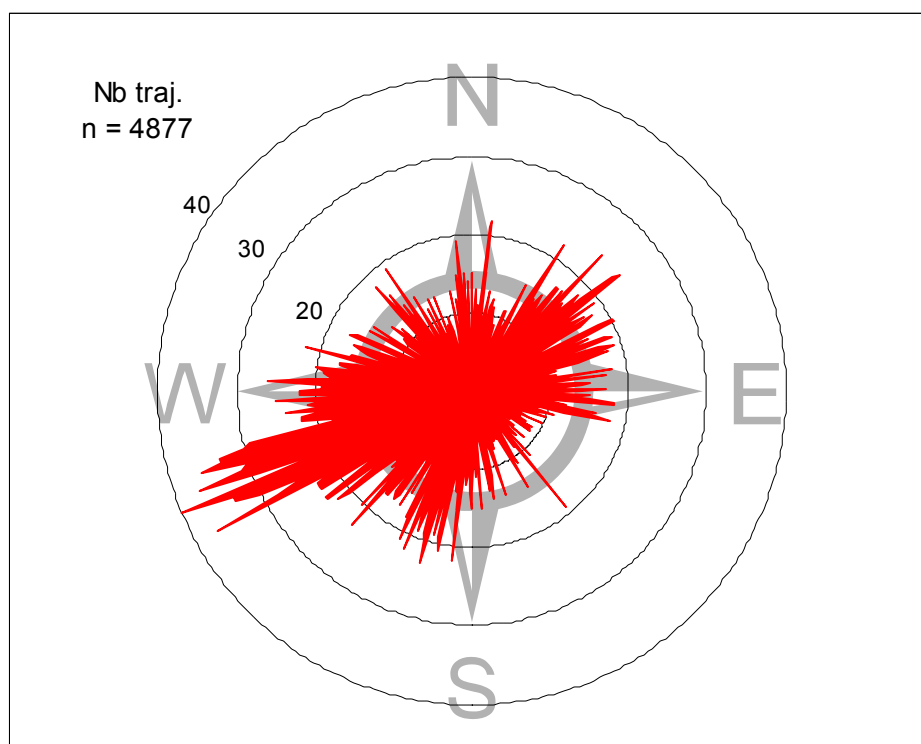
- Au cours de la journée suivante on retrouve les mêmes mouvements aux mêmes heures de la journée, il s'agit donc bien d'un phénomène d'échanges entre zone de repos et zone d'alimentation.
- Le 06 décembre sur la position radar de « Pont Douve », le début de l'activité commence à 6h00. Entre 7h00 et 8h00 on observe une vague de vols divergents au départ de la tourbière de Baupte : il s'agit probablement des étourneaux en dispersion.

III.3. DISTRIBUTION DES TRAJECTOIRES D'OISEAUX

L'analyse des images issues du balayage horizontal du radar par traitement statistique sous S.I.G. nous a permis de cartographier les zones les plus fréquentées par les oiseaux. Cette analyse permet de visualiser les trajectoires des oiseaux et renseigne sur l'occupation du site et les zones concentrant l'activité.

Sur les cartes suivantes, on a représenté l'ensemble des trajectoires détectées par le radar en balayage horizontal durant la période d'étude.

Globalement, les oiseaux se dirigent vers l'ouest - sud-ouest, ce qui est conforme aux résultats de Debout (1982). La seconde direction empruntée est l'axe Nord - Sud.



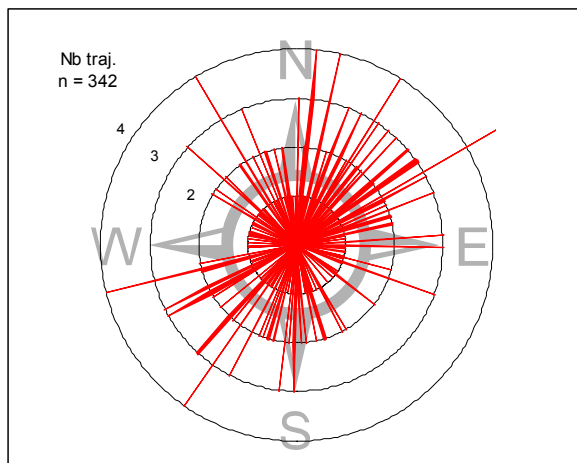
**Septembre+octobre+décembre 2008
(tous passages confondus)
n = 4877 trajectoires**

En détaillant pour chaque mois, on se rend compte que cette tendance est surtout vraie en décembre.

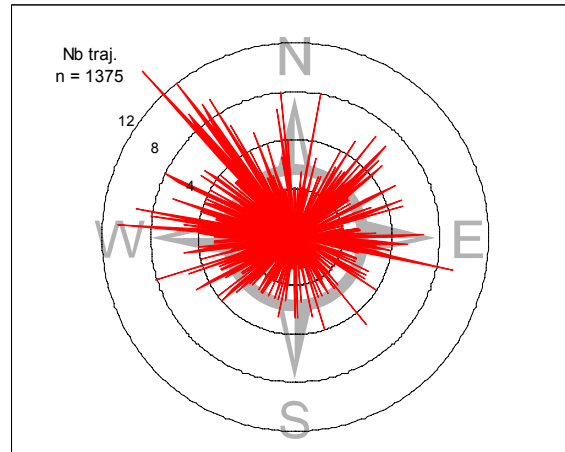
En septembre, la faiblesse de la migration (temps pluvieux) ne permet pas de conclusion quant aux directions de vol empruntées. Les trajectoires détectées se dirigent dans toutes les directions mais cette situation n'est pas caractéristique de la migration postnuptiale.

En octobre, on observe des mouvements majoritairement orientés vers le nord-ouest, donc s'engageant dans l'isthme.

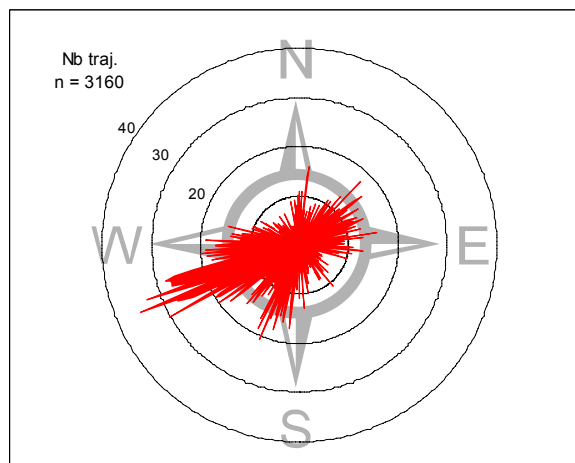
En décembre, les mouvements sont nettement orientés vers le sud-ouest, donc dans le sens d'une traversée de l'isthme pour rejoindre la côte ouest via le réseau de marais et de vallées. A cette époque de l'année, ces mouvements concernent surtout des oiseaux hivernants.



**Septembre 2008
(1^{er} passage.)
n = 342 trajectoires**

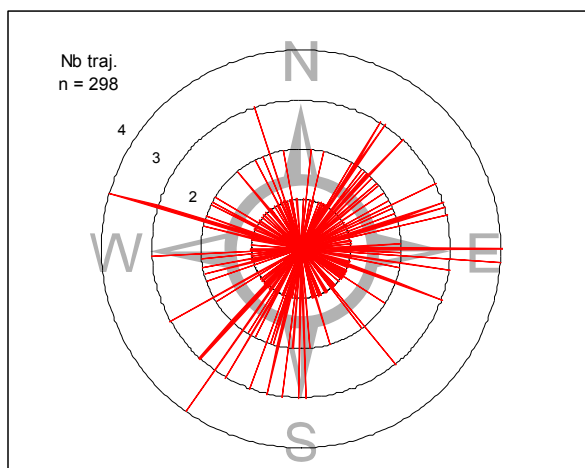


**Octobre 2008
(2^{eme} passage.)
n = 1375 trajectoires**

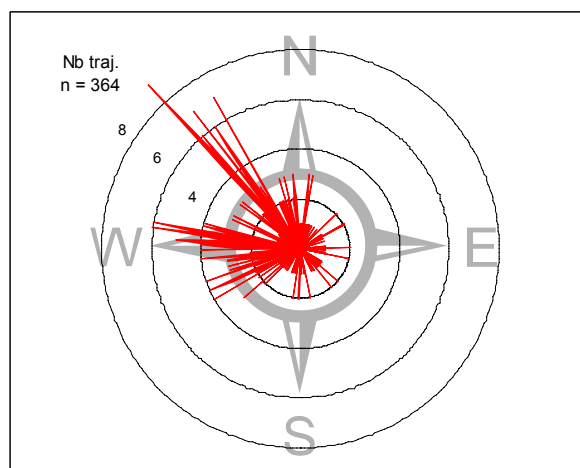


**Décembre 2008
(3^{eme} passage.)
n = 3160 trajectoires**

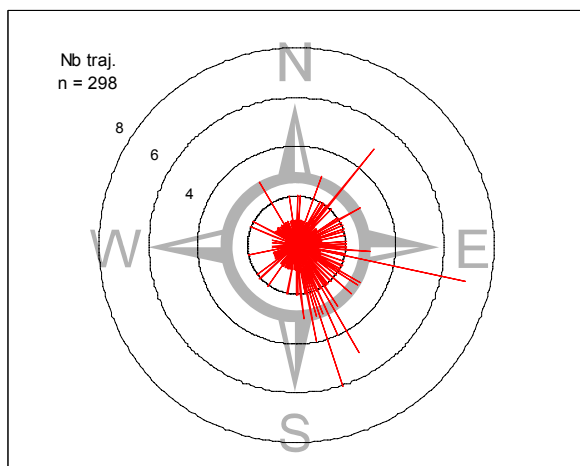
Directions de vol détectées par radar



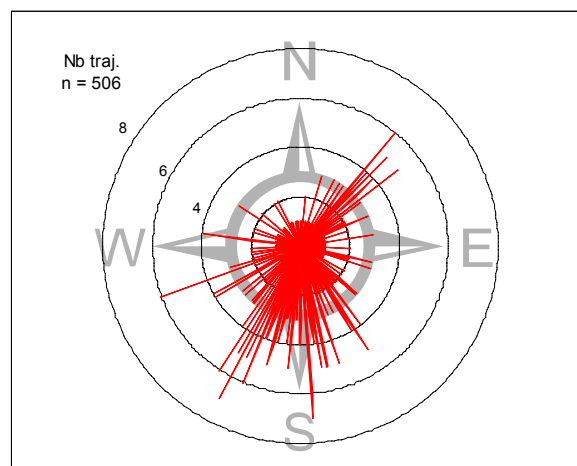
Le Cap – septembre / octobre



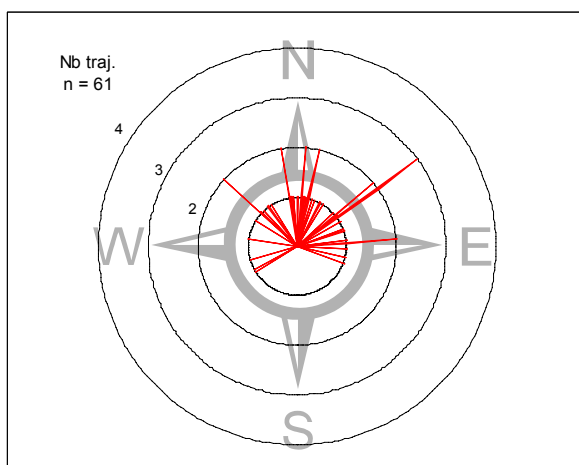
Le Plessis – septembre / octobre



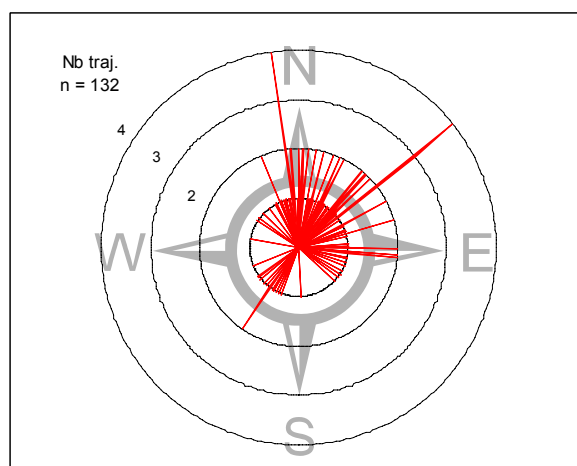
Mont Dовille – septembre / octobre



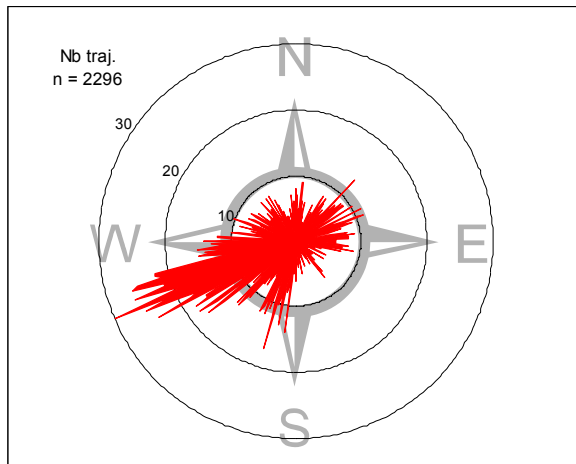
Mont Dовille – décembre



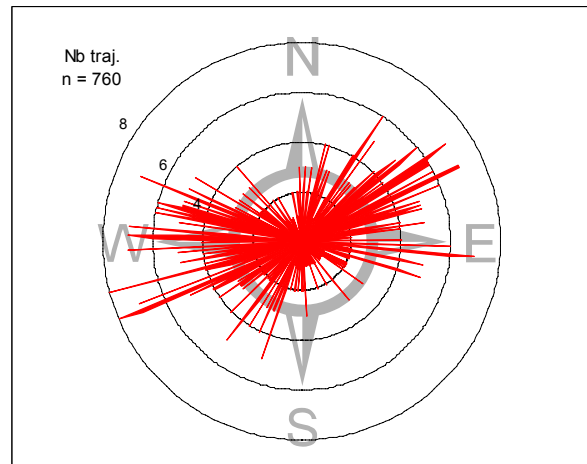
Monfréville – septembre



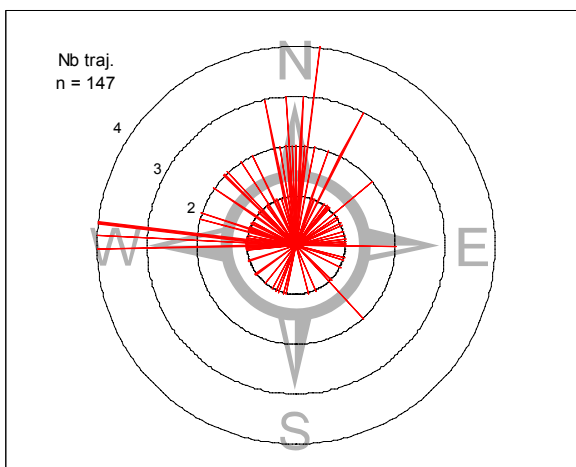
Monfréville – octobre



Pont Douve – octobre / décembre

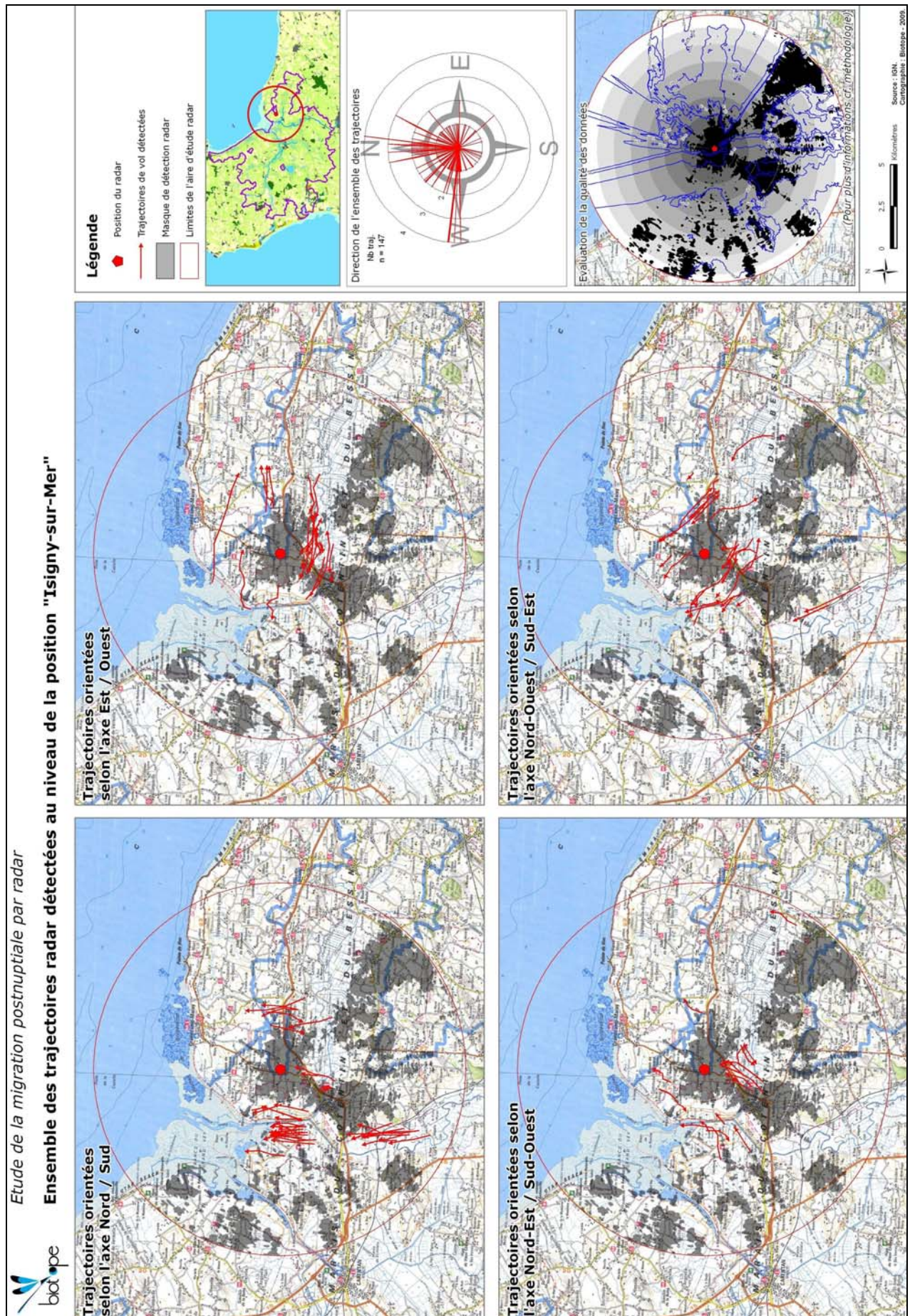


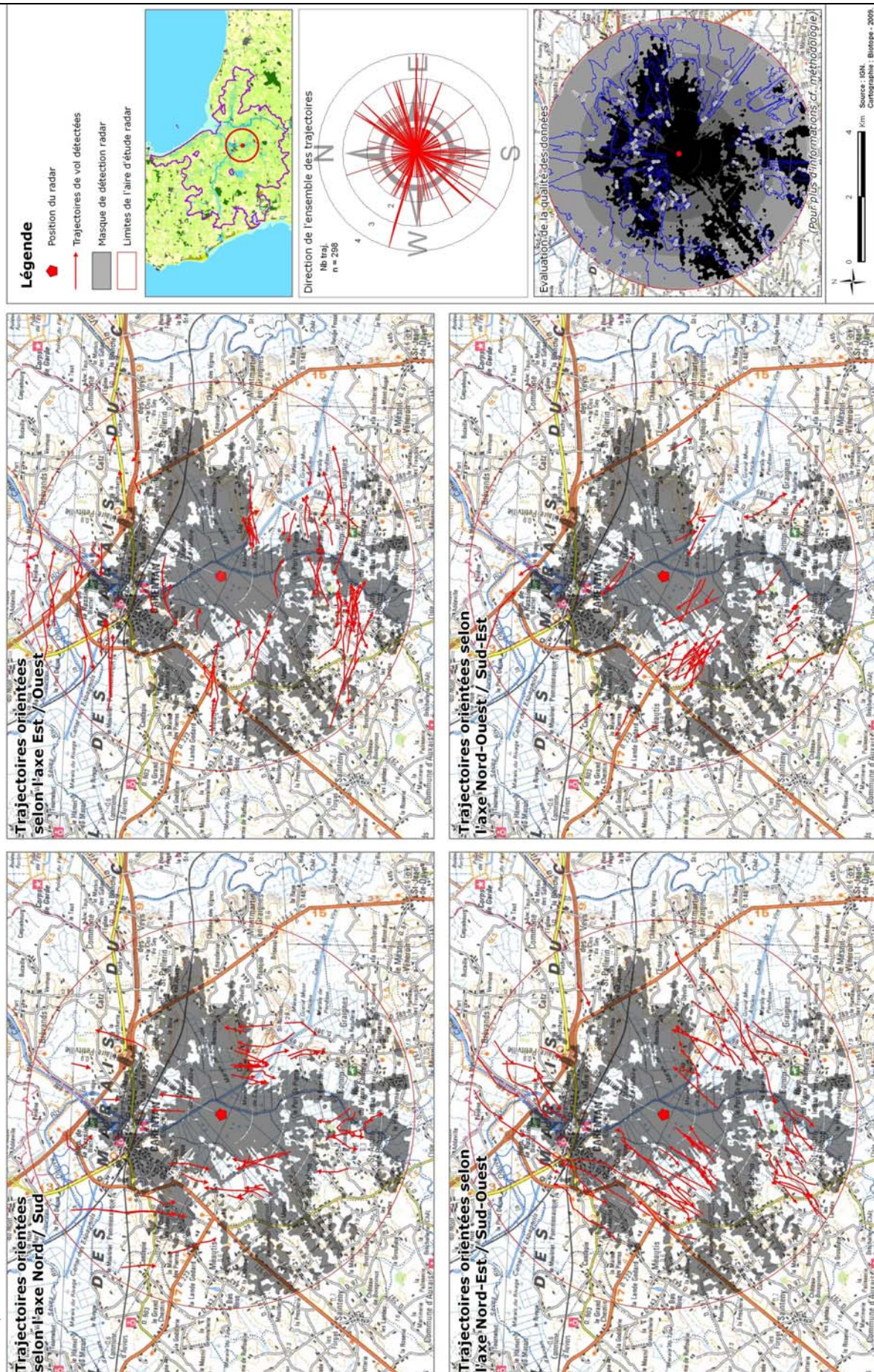
Tourbière de Baupré – décembre

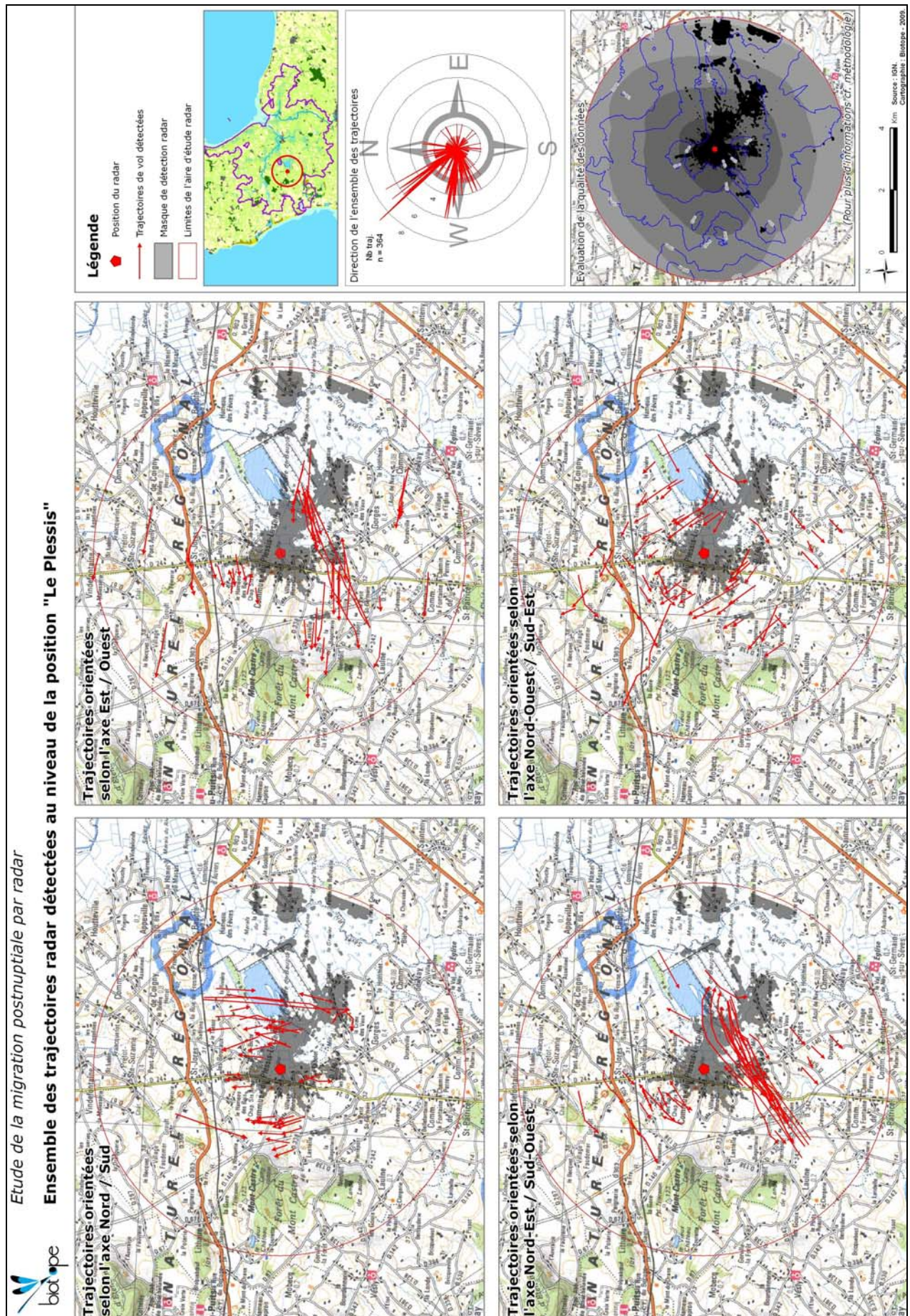


Isigny-sur-mer – décembre

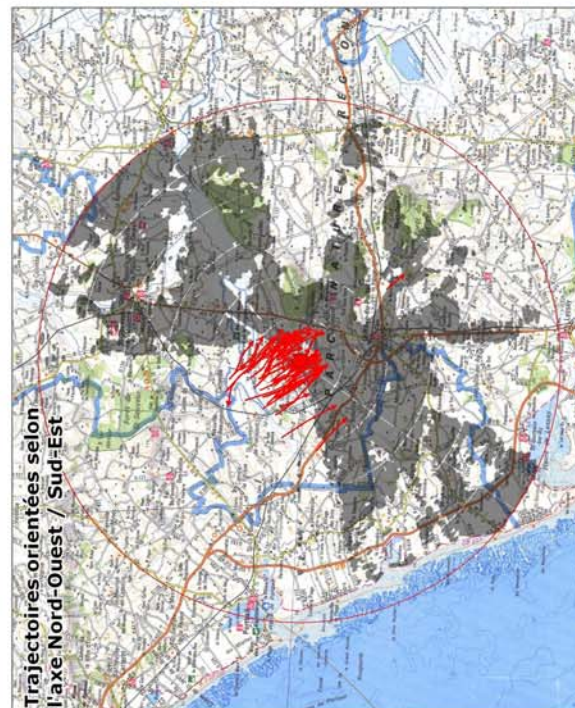
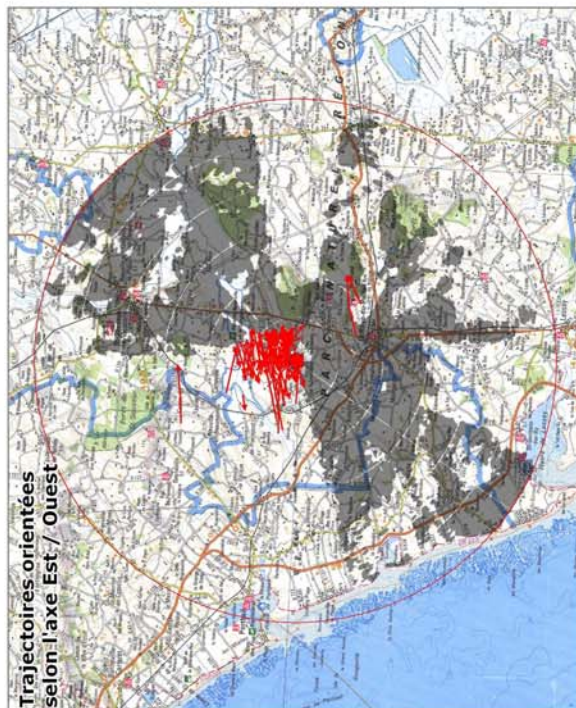
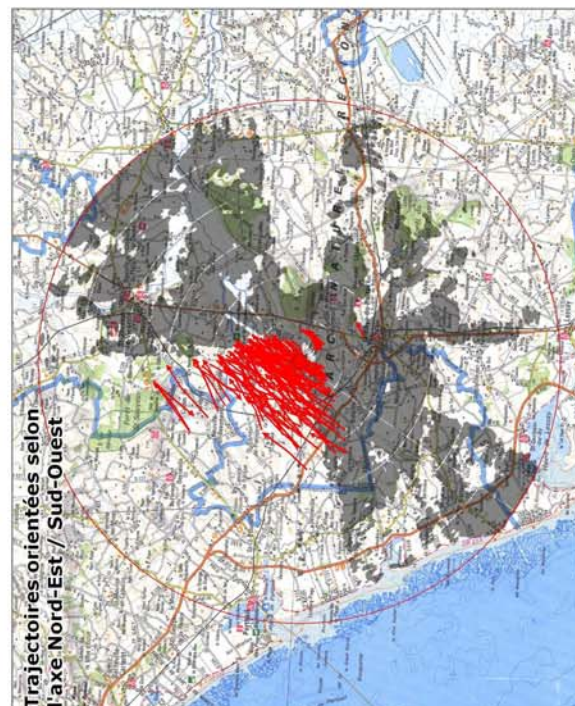
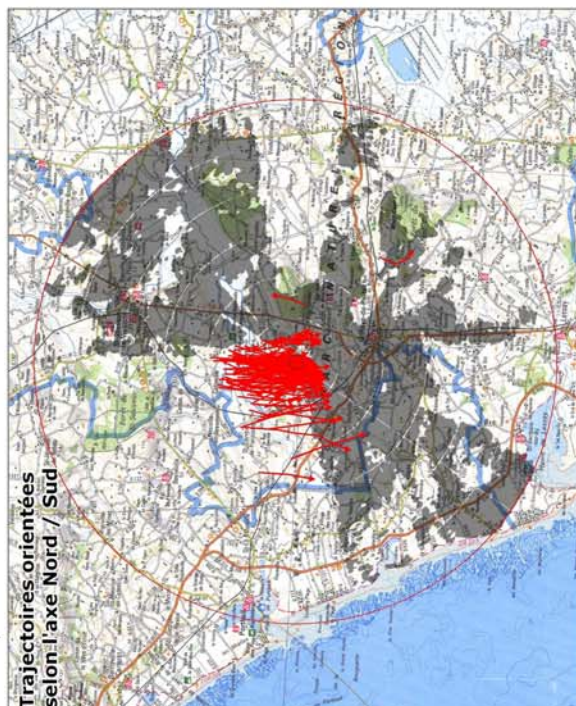
Les cartes suivantes présentent les trajectoires d'oiseaux détectées par radar. Les trajectoires sont présentées aux échelles 3 milles nautiques de rayon et 6 milles nautiques de rayon (échelles les plus utilisées dans le cadre de cette étude). Nous avons présenté pour chaque point radar étudié l'ensemble des trajectoires (mouvements locaux + migratoires).







Ensemble des trajectoires radar détectées au niveau de la position "Mont de Doville"



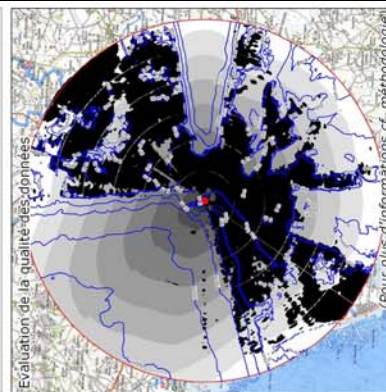
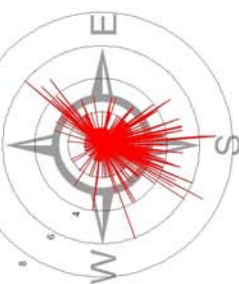
Légende

- Position du radar
- Trajectoires de vol détectées
- Masque de détection radar
- Limites de l'aire d'étude radar



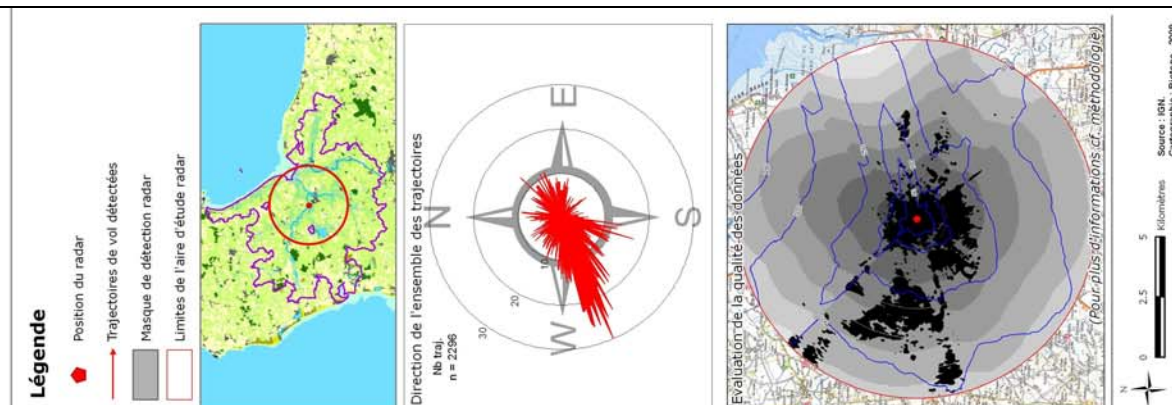
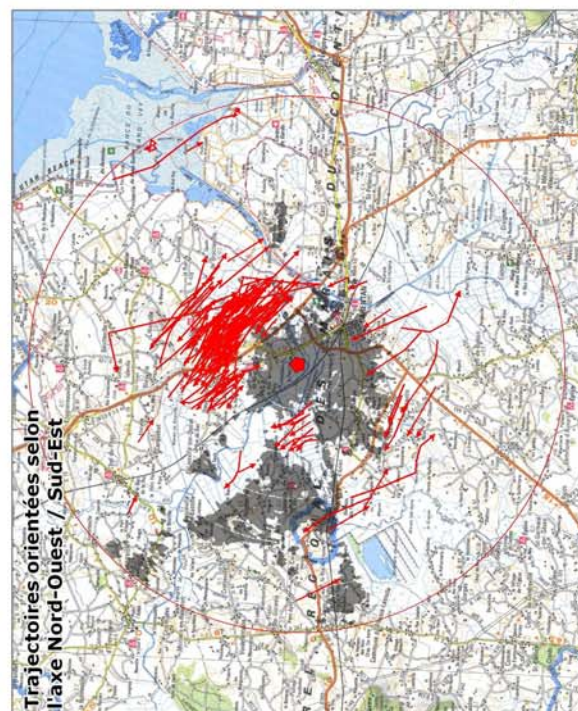
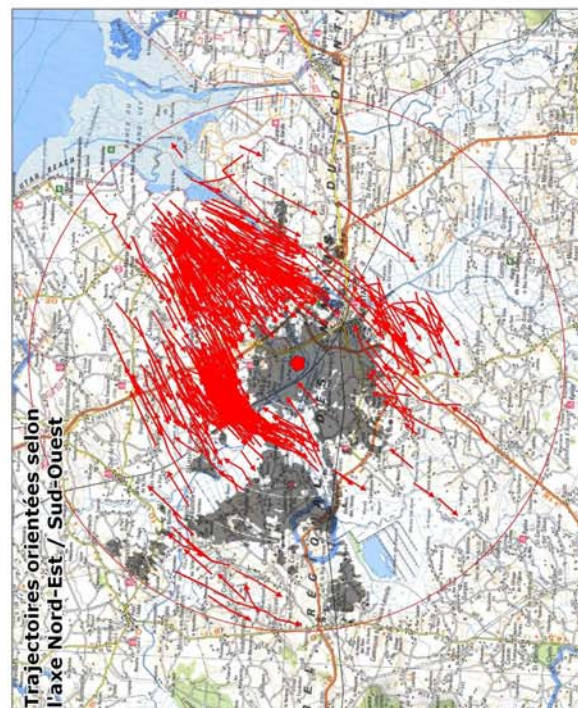
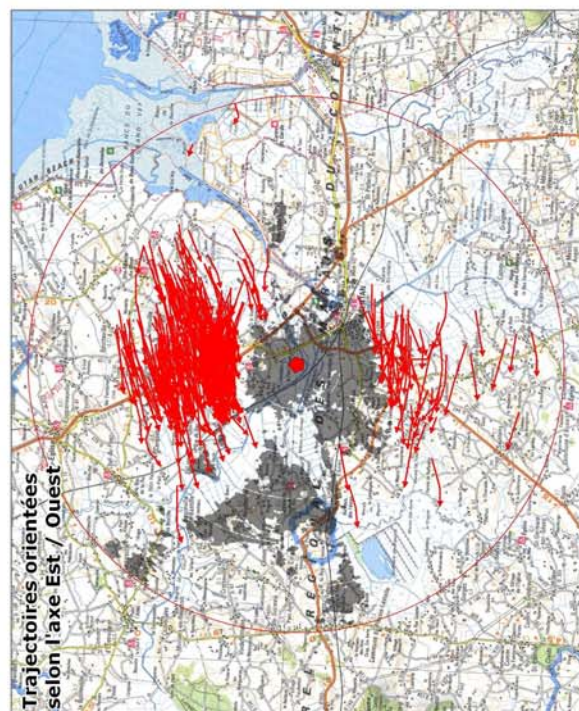
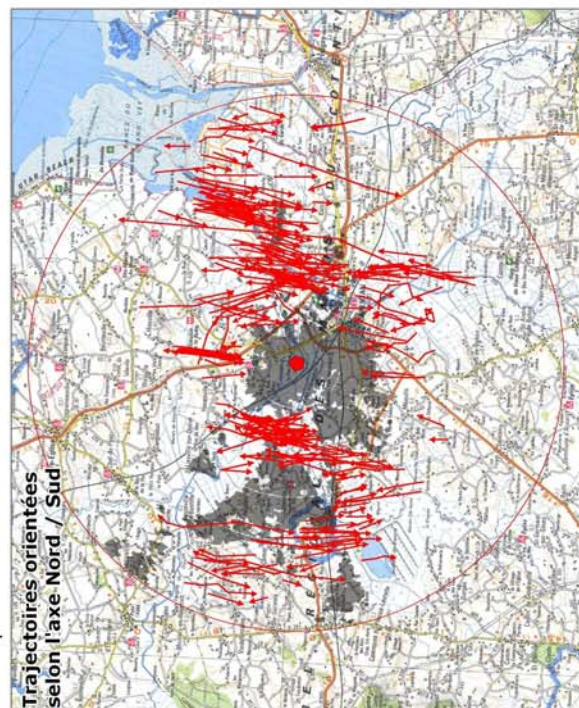
Direction de l'ensemble des trajectoires

Nb tra
n = 506

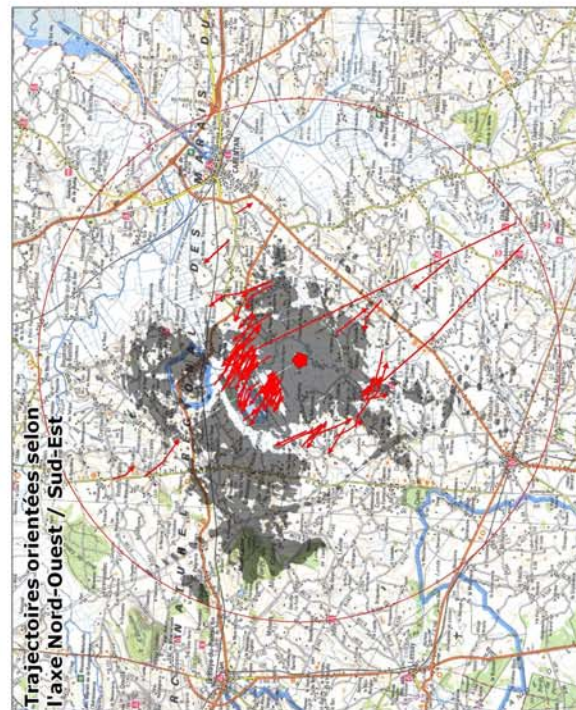
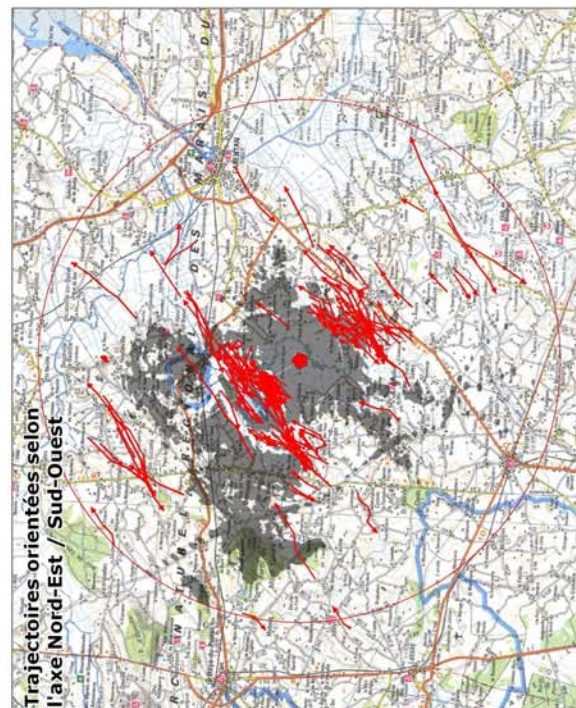
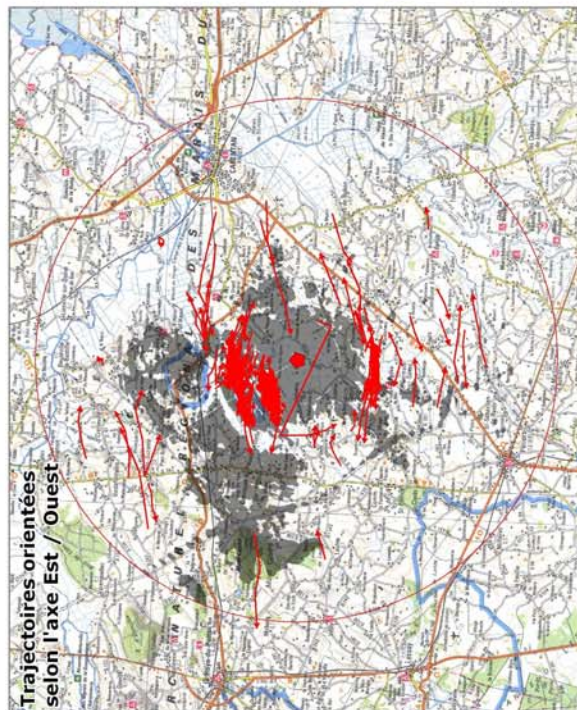
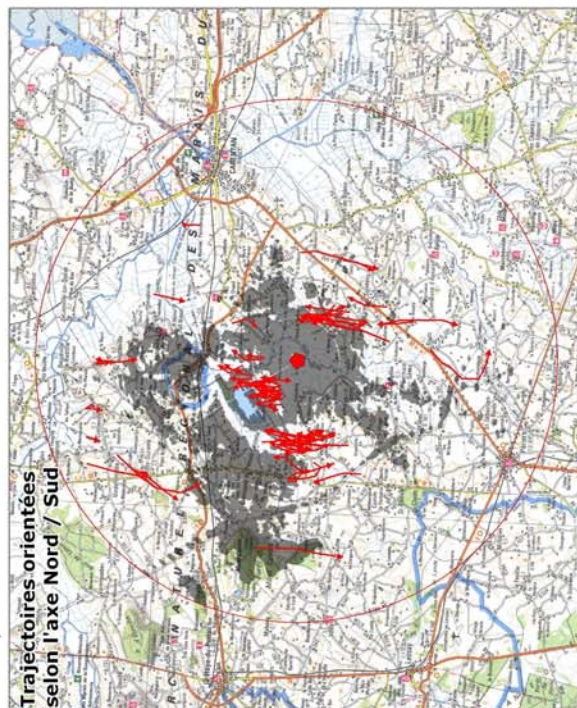


Source : IGN, Cartographie : Biotope - 2009

Ensemble des trajectoires radar détectées au niveau de la position "Pont d'Ouve"



Ensemble des trajectoires radar détectées au niveau de la position "Tourbière de Bauphte"

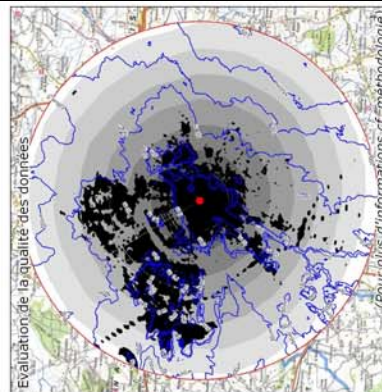
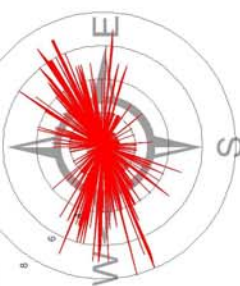


Légende

- Position du radar
- Trajectoires de vol détectées
- Masque de détection radar
- Limites de l'aire d'étude radar

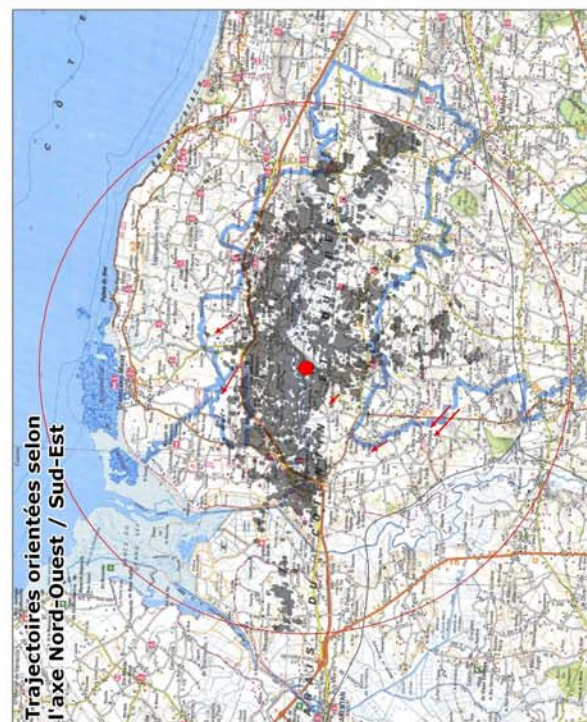
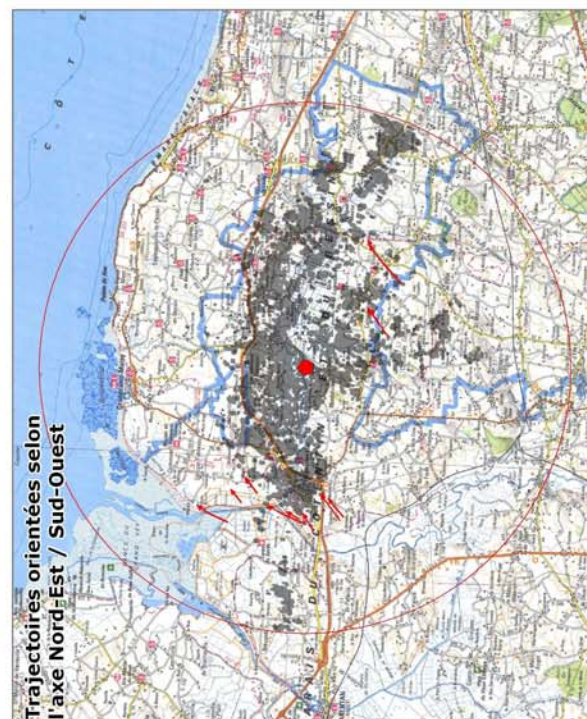
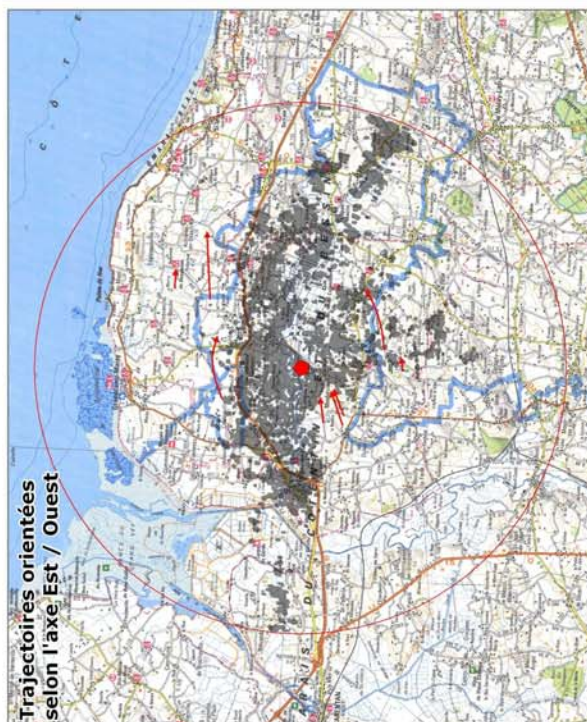
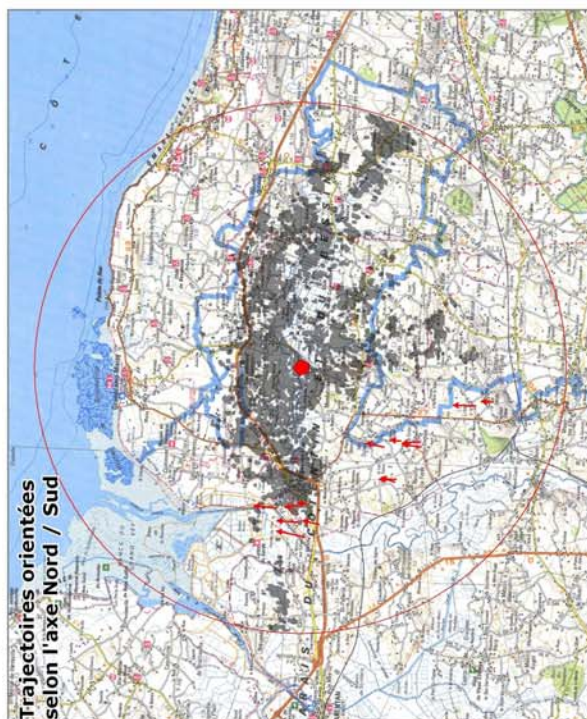


Direction de l'ensemble des trajectoires
Nb tra
n = 760



Source : IGN,
Cartographie : Biotope - 2009

Ensemble des trajectoires radar détectées au niveau de la position "Monfréville"



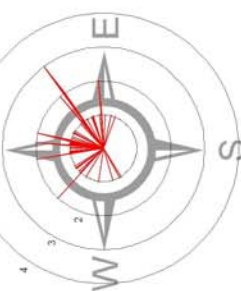
Légende

- Position du radar
- Trajectoires de vol détectées
- Masque de détection radar
- Limites de l'aire d'étude radar



Direction de l'ensemble des trajectoires

Nb traj.
n = 61



Évaluation de la qualité des données

(Pour plus d'informations cf. méthodologie)



Source : IGN
Cartographie : Biotope - 2009

III.4. PHÉNOMÈNES PARTICULIERS

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

III.4.1. LA BERNACHE CRAVANT

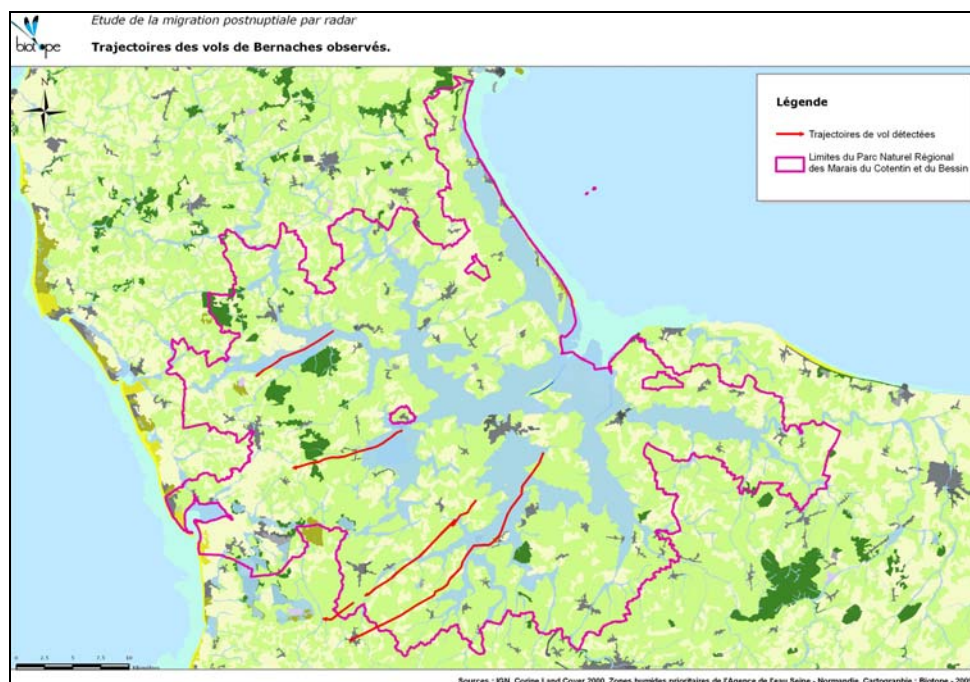
Seulement quatre vols de Bernaches cravant ont pu être cartographiés précisément. Ces quatre vols ont permis de confirmer la traversée du PNR des Marais du Cotentin et du Bessin par cette espèce. Chacun des vols a suivi un itinéraire différent pour franchir le PNR.

Un premier vol (100 à 150 individus) en direction de l'Ouest-Sud-Ouest est passé par la vallée de « la Douve » et de « le Gorget » au Nord du « Mont d'Etencin » et du « Mont de Doville », en direction du « Havre de Surville ».

Un second vol (350 à 400 individus) en direction du Sud-Ouest provenant de la « Baie des Veys », passant entre Carentan et Isigny-sur-Mer, dans l'axe de la vallée de « la Taute ». Le vol est passé au-dessus du village de St-Sauveur-Lendelin en direction du Havre de Régneville-sur-Mer.

Un troisième vol en direction de l'Ouest-Sud-Ouest provenant de la « Baie des Veys » est passé par la position radar, soit au-dessus de la tourbière de Baupte, puis au Sud du « Mont Castre » en direction du Havre de St-Germain ». L'altitude de vol avoisinait 500 mètres. Ce vol était accompagné d'un Tadorne de Belon.

Un dernier vol (environ 350 individus), provenant de la Baie des Veys en direction du Sud-Ouest est passé entre la vallée de la Taute et la RD971 entre Carentan et Périers. Ensuite le vol prend une direction Ouest au-dessus de la Lande de Lessay en direction de Geffosses.



III.4.2. LES ANATIDES

Un travail particulier a été fait sur l'activité des anatidés présents en journée sur la tourbière de Baupte.

Le suivi radar du 5 septembre sur le point de « Le Plessis » a permis de mettre en évidence d'importants mouvements de canards vers l'Ouest-sud-ouest. Une grande partie des canards, soit environ 500 individus, sont partis vers 7h30, suivis de plusieurs autres vols plus petits dont les deux plus gros à 8h19 et 9h14. Tous ces vols ont emprunté le même itinéraire (la vallée orientée Est-ouest se trouvant au Sud du Mont Castre). Vers 12h, une grande partie des anatidés sont déjà de retour vers la tourbière, ils empruntent à nouveau le même couloir de transit. Aucun mouvement vers l'Est, ni vers le Sud n'a été mis en évidence au cours de cette journée d'observation.

Le suivi radar du 16 au 17 octobre sur le point de « Le Plessis » a permis de mettre en évidence les couloirs empruntés en soirée par les anatidés présents en journée sur la tourbière de Baupte. Les deux principaux couloirs mis en évidence sont orientés vers l'Ouest et le Nord. Les mouvements orientés vers l'Ouest sont similaires aux vols observés en septembre, soit des vols passant sous le Mont Castre ou Bois de Lessay. Les mouvements orientés vers le Nord ont une direction qui correspond à un passage entre le Bois d'Etenclin et le Bois de Limors en direction du Marais de la Sangsurière, des havres de Surville, de Portbail, de Carteret ou encore des abords de la Douve au Sud et au Nord de St Sauveur-le-Vicomte.

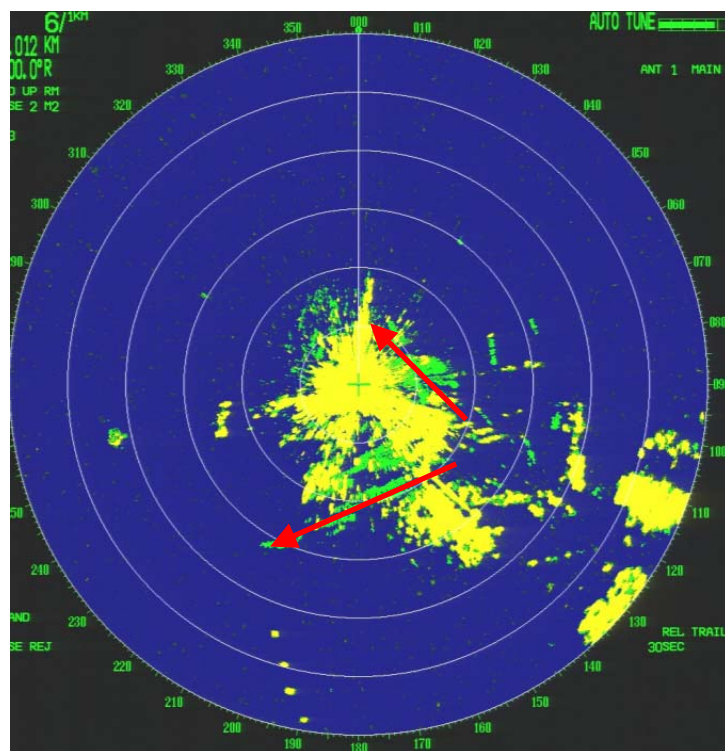


Image radar en mode de balayage horizontal faisant apparaître les différents vols de canards quittant la tourbière de Baupte en direction des zones d'alimentation.

Le matin, au cours de la journée d'observation concertée organisée par le GONm sur différents points d'observation du Parc Naturel Régional, le radar a permis de confirmer

le couloir de transit mis en évidence en septembre dernier (liaison entre la Tourbière et une ou plusieurs zone de gagnage se trouvant à l'Ouest (Vallée de l'Ay et Havre de Lessay selon le GONm). 75 individus ont été observés au sud du Mont Castre en direction de la Tourbière.

Le suivi radar du 03 au 04 décembre n'a pas permis de confirmer le couloir identifié lors des deux précédentes sessions de suivi. Des mouvements au coucher du soleil ont été observés visuellement en vol au ras du sol en direction de Sud. Ces vols ne se détachaient pas suffisamment de la végétation pour être détectables par la méthode radar. Les vols observés en visuel concernaient des Sarcelles en petit nombre, aucun vol groupé n'a pu être observé. Les conditions météorologiques de la matinée du 04 décembre n'ont pas permis de visualiser les éventuels mouvements d'anatidés autour de la tourbière.

III.4.3. LES PIGEONS RAMIERS

Au cours du suivi radar effectué sur le Mont Dовille le 21 octobre, on a pu mettre en évidence des mouvements importants de Pigeons ramiers des zones de dortoir (bois d'Étenclin, Bois du Parc et les différents petits bois présents entre la Haye du Puits et Lithaire) vers la zone côtière ouest définie dans le triangle Havre de Surville, Barneville-Carteret et Mont de Dовille où ils se posent. Ces mouvements se sont mis en place en tout début de matinée dans un laps de temps très court, la plupart des pigeons prenaient la direction du Havre de Surville en passant au Sud du Mont Dовille, avant de reprendre une trajectoire orientée vers le Nord à mi chemin entre le Mont et le trait de côte.

III.4.4. LES LARIDES

Les laridés ont des couloirs de transit bien précis qu'ils respectent chaque jour, ces couloirs sont très souvent associés aux vallées et à la présence d'eau.

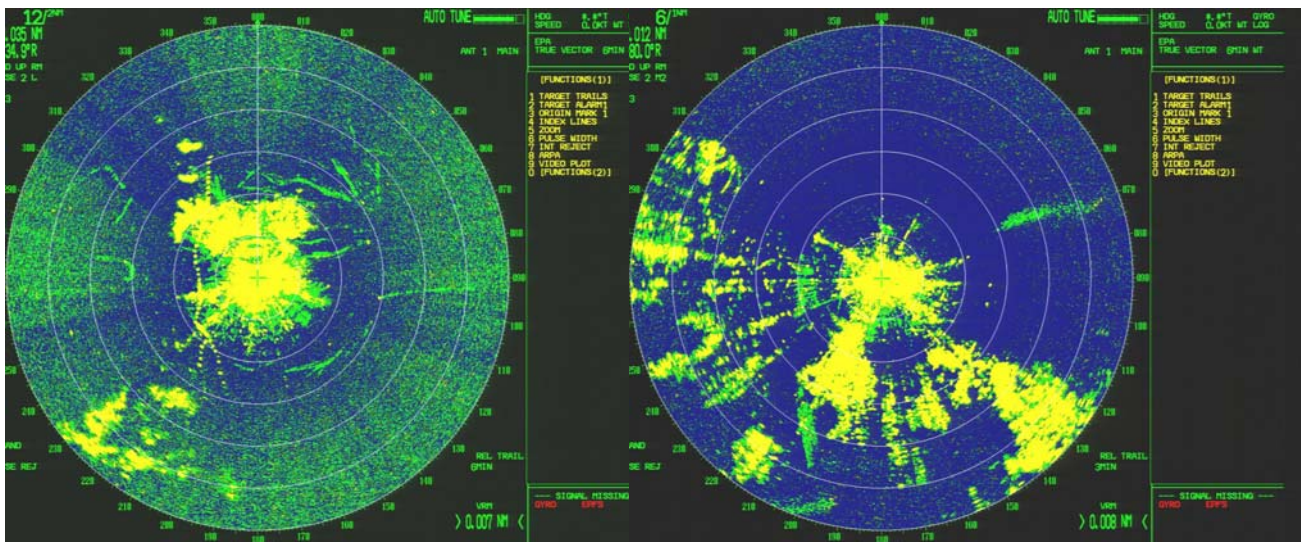


Image radar en mode de balayage horizontal faisant apparaître les différents vols de laridés le soir lors de leur transit vers la Baie des Veys. A gauche, l'image radar visualise les mouvements autour de la tourbière de Baupthe, à droite l'image radar correspond à la position d'émission radar d'Isigny-sur-Mer qui a permis de visualiser la convergence des laridés à l'embouchure de l'Aure et à la sortie du Canal de Carentan.

III.5. ANALYSE DES DONNEES

➤ Qualité des données :

Au total, 4 877 trajectoires ont été cartographiées (342 en septembre, 1 375 en octobre et 3 160 en décembre). Si la multiplication des points radar a permis de couvrir la totalité de la zone d'étude, elle a cependant induit une dispersion de la pression d'échantillonnage. Les différences entre sites et entre mois ne témoignent donc pas de différences dans l'importance des flux. Elles peuvent cependant être expliquées en grande partie par les conditions météorologiques défavorables en septembre (pluie) et la durée d'observation plus longue en décembre.

- NOMBRE DE TRAJECTOIRES PAR POSITION ET PAR MOIS-					
Position du radar / mois	Septembre	Octobre	Décembre	Total	Nb traj./h
Le Cap	157	141		298	9
Le Plessis	27	346		373	12
Mont de Doville	97	201	506	804	20
Monfréville	61	132		193	8
Pont Douve		549	1747	2296	49
Tourbière de Baupte		6	760	766	26
Isigny-sur-Mer			147	147	7
Total	342	1375	3160	4877	22

Les mouvements les plus importants ont été détectés autour du site de Pont Douve. La présence des zones humides augmente l'attractivité de ce secteur qui voit passer à la fois des mouvements migratoires et des mouvements locaux. C'est la même situation pour la tourbière de Baupte. Les autres sites ont des niveaux d'activité inférieurs (environ 10-20 traj. / h).

➤ Axes de déplacement mis en évidence :

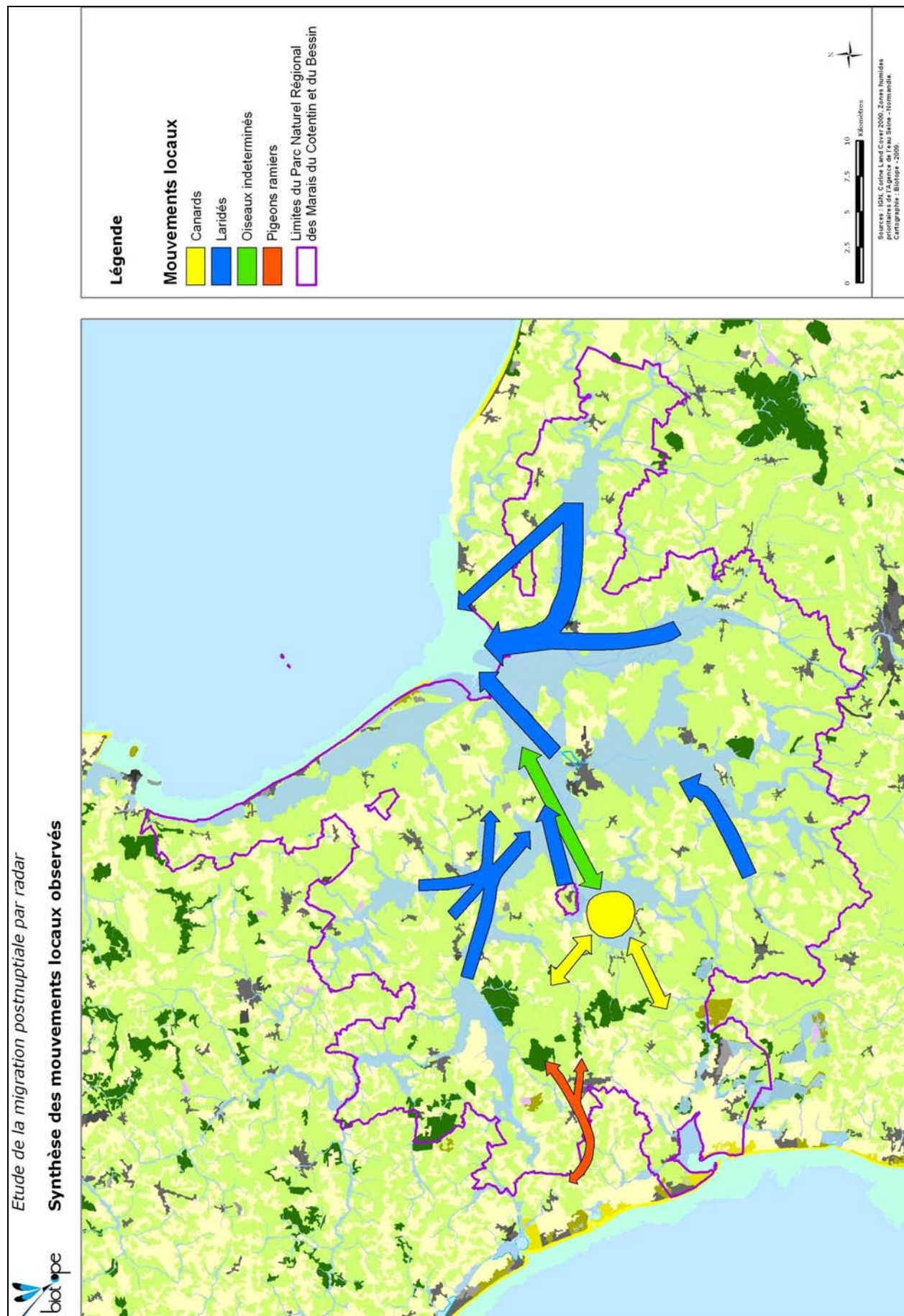
L'ensemble des positions d'émission radar a permis de distinguer plusieurs axes de déplacement principaux sur le PNR des Marais du Cotentin et du Bessin :

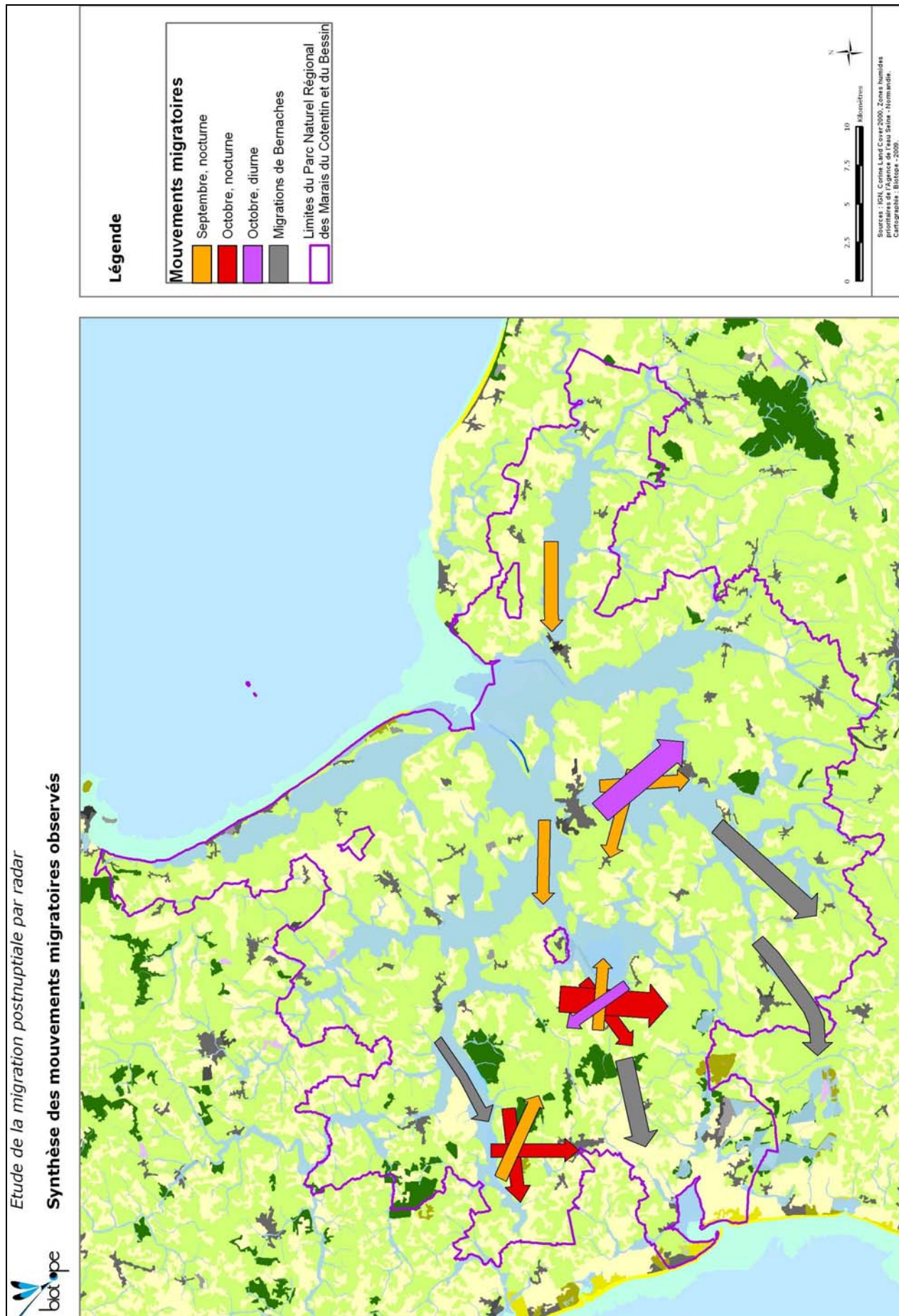
- La position radar sur le site de « Monfréville » a permis de définir le premier axe de migration : un axe en direction de l'Ouest sur la partie Est du PNR correspondant à l'axe du trait de côte et du marais de la vallée de l'Aure. L'étude n'a pas permis d'apporter beaucoup d'information sur cette partie de PNR en raison des mauvaises conditions météo. Seul un petit pic de migration nocturne a permis de mettre en évidence l'orientation vers l'Ouest de la plupart des vols migratoires.
- La position radar sur le site de « Le Cap » a permis de définir deux axes de migration nocturne et un troisième axe diurne : un axe en direction de l'Ouest-Nord-Ouest observé en migration nocturne et également un axe en direction du Sud assez large allant du Sud-Sud-Ouest au Sud-Sud-Est

probablement en raison de la possibilité pour les oiseaux migrateurs de passer soit par la vallée de « la Taute » et de « le Lozon », soit par la vallée du Canal de la Vire. Un troisième axe a été observé en journée (migration diurne) ; il correspond à des oiseaux provenant de la vallée de la Douve (au Nord-Ouest de Carentan), en direction de la vallée de la Vire à l'Est de St-Jean-de-Daye.

- La position radar sur le site de « Le Plessis » a permis de définir deux axes de migration nocturne et un axe diurne (dont deux atypiques).
 - Un axe en direction du Sud-Ouest comprenant deux types de vols :
 - Des vols compris entre 0 et 1000 mètres d'altitude avec une direction de vol orientée Sud à Sud-Sud-Ouest
 - Des vols compris entre 750 et 1500 mètres d'altitude avec une direction de vol orientée un peu plus à l'Ouest, soit Sud-Sud-Ouest à Ouest-Sud-Ouest.
 - Un axe atypique en direction de l'Est – Est-Nord-Est, donc des vols que l'on peut associer à de la « rétro-migration ». Un deuxième axe atypique diurne avec une direction de vol orientée vers le Nord-Ouest. On est à nouveau dans un cas de « rétro migration ».
- La position radar du « Mont de Derville » a permis de définir deux axes de migration nocturne : un axe en direction du quart Sud-Ouest où les vols en direction du Sud à Sud-Sud-Ouest sont dominants, un axe en direction de l'Est-Sud-Est (en direction du marais de la tourbière de Baupte).
- La position radar du « Pont Douve » a permis de définir un axe de migration orienté vers l'Ouest, les autres mouvements mis en évidence à partir de cette position concernent des mouvements locaux.
- Les positions radar de la tourbière de Baupte et d'Isigny-sur-mer ont permis de vérifier les grandes directions empruntées par les oiseaux et d'apporter des informations sur les mouvements locaux (canards, laridés).

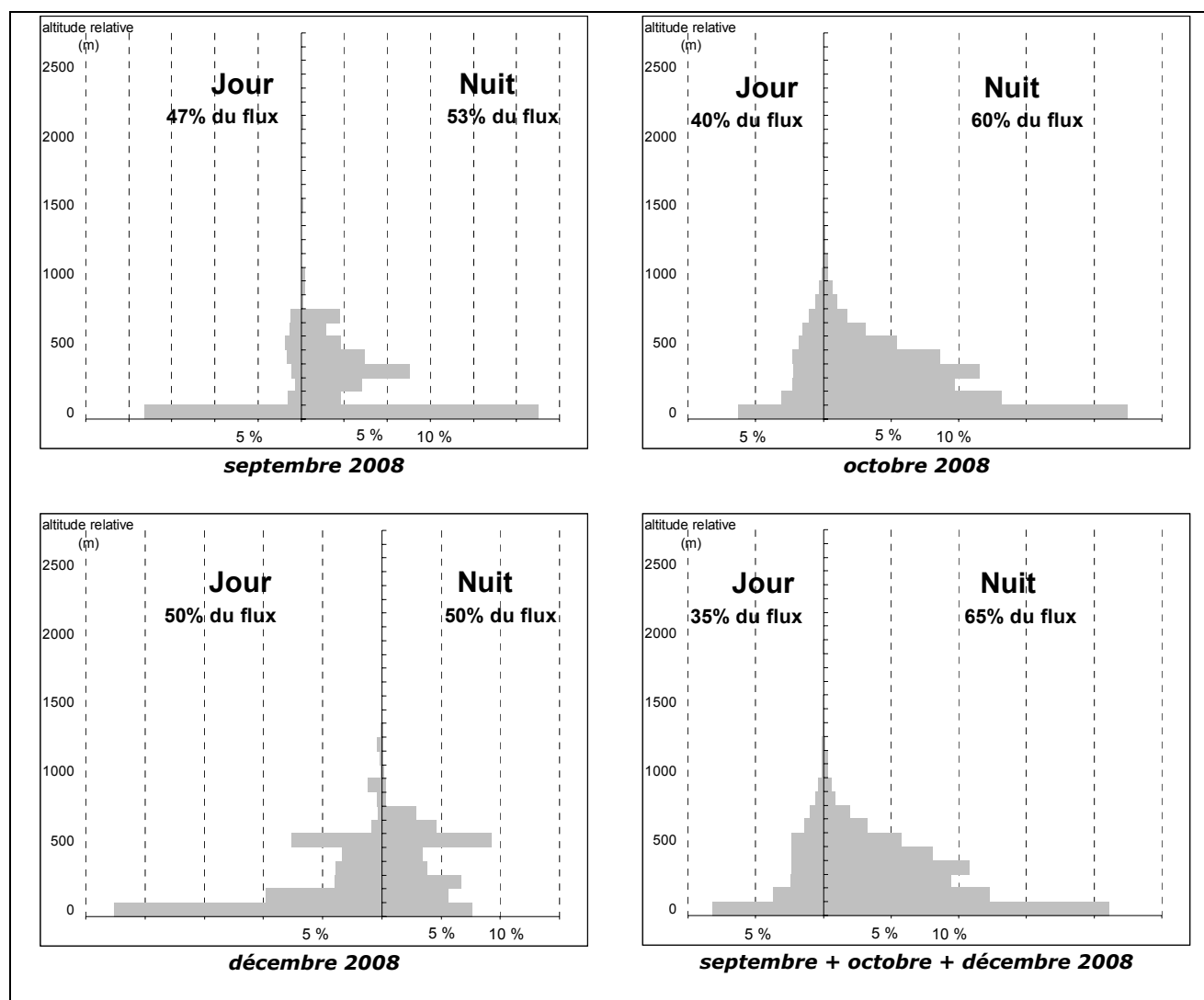
Les deux cartes suivantes présentent l'ensemble des axes mis en évidence, à la fois pour les mouvements locaux et les mouvements migratoires.





IV. DIAGNOSTIC DES ALTITUDES DE VOL

Les altitudes de vol constituent l'autre élément majeur pour caractériser la migration. Les altitudes de vol ont été estimées grâce aux observations par radar en mode de balayage vertical. Nous avons choisi de rassembler les sites sur les mêmes graphiques présentés par mois. Ceux-ci étant séparés de quelques kilomètres et présentant des configurations semblables (en altitude), nous n'avons pas observé de différences significatives dans les altitudes de vol des oiseaux entre les sites.



***Distribution verticale des vols d'oiseaux
sur l'ensemble de la zone d'étude.***

Les altitudes de vols sont représentées par tranche de 100 m.

Remarque 1 : seuls les vols inférieurs à 2 700 mètres d'altitude ont été représentés sur les graphiques. Quelques essais ont cependant été menés à des échelles supérieures. Mais seule une très petite partie du flux vole au-dessus de 2700 mètres (moins de 0,5% du flux).

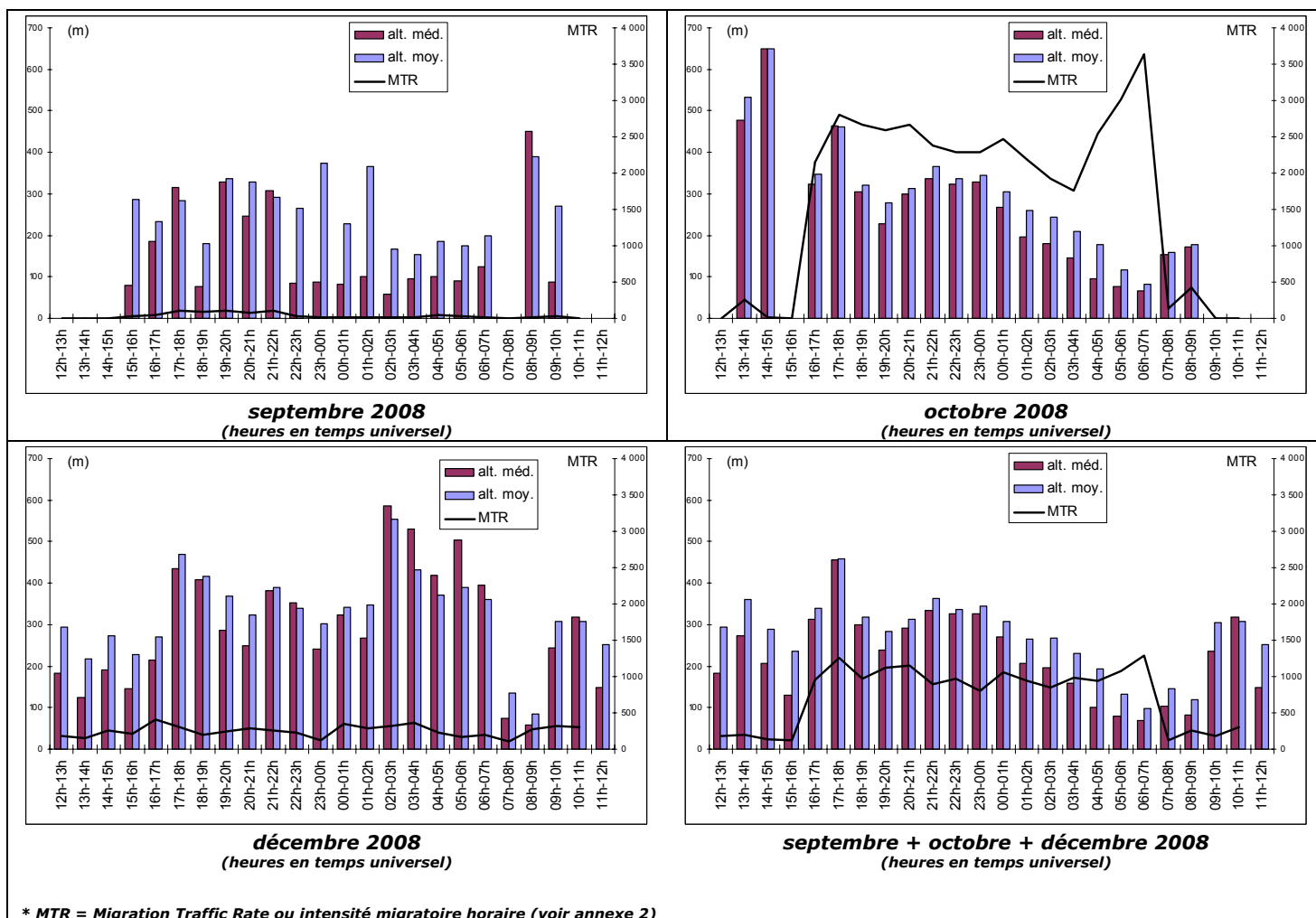
Remarque 2 : les altitudes de vol sont mesurées par rapport au sol au niveau du radar, c'est-à-dire à moins de 10 m au-dessus du niveau de la mer (sauf Mont de Doville 40 m).

ALTITUDES MOYENNES ET MEDIANES DANS LE PNR ET SUR L'ENSEMBLE DES SITES SUIVIS PAR RADAR EN AUTOMNE - MOIS DE SEPTEMBRE -				
	PNR		France, septembre (26 sites)	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit
Altitude moyenne	187 m	297 m	298 m	391 m
Altitude médiane	75 m	261 m	219 m	337 m

L'altitude moyenne des oiseaux en vol de jour est de 187 mètres dans le PNR en septembre. 50% des trajectoires observées se situent en dessous de 75 mètres d'altitude (altitude médiane).

ALTITUDES MOYENNES ET MEDIANES DANS LE PNR ET SUR L'ENSEMBLE DES SITES SUIVIS PAR RADAR EN AUTOMNE - MOIS D'OCTOBRE-				
	PNR		France, octobre (39 sites)	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit
Altitude moyenne	322 m	285 m	284 m	473 m
Altitude médiane	262 m	236 m	191 m	409 m

ALTITUDES MOYENNES ET MEDIANES DANS LE PNR ET SUR L'ENSEMBLE DES SITES SUIVIS PAR RADAR EN AUTOMNE - MOIS DE DECEMBRE -				
	PNR		France, décembre (7 sites)	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit
Altitude moyenne	255 m	383 m	150 m	398 m
Altitude médiane	149 m	370 m	71 m	386 m

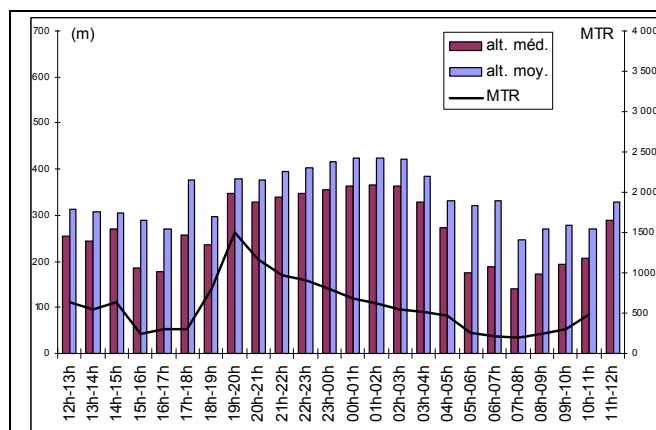


Évolution des altitudes moyennes et médianes dans le PNR au cours de 24 h.

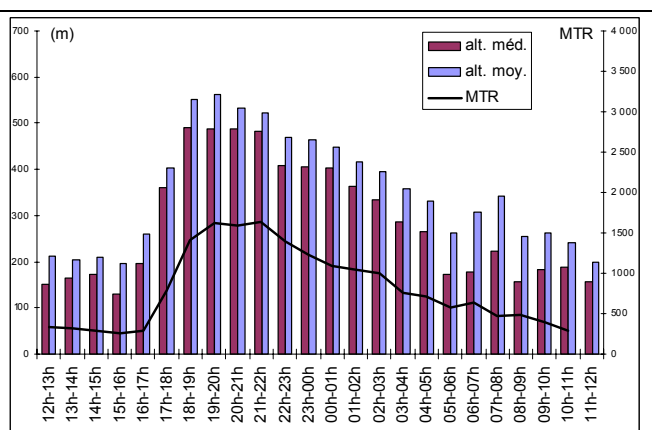
Les observations du mois de septembre sont difficilement exploitables car elles sont partielles (interrompues par des averses). On remarque toutefois que les mouvements sont relativement bas (inférieurs à la moyenne française à la même époque).

En octobre, on observe une augmentation des altitudes de vol en fin d'après-midi (17h) puis elles diminuent avant d'augmenter jusque 21h. Au cours de la nuit, les altitudes de vol décroissent régulièrement jusqu'à l'aube, les oiseaux ayant migré de nuit cherchant alors à se poser. Les altitudes de vol élevées notées en début d'après-midi sont peu représentatives car elles correspondent à des mouvements isolés (MTR faible).

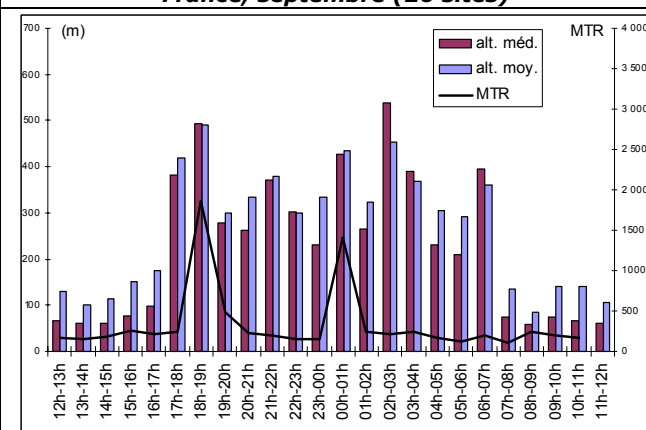
En décembre, on observe le même phénomène qu'en octobre dans la soirée (augmentation des altitudes de vol puis diminution au cours de la nuit). En seconde partie de nuit, on observe cependant des mouvements en altitude (arrivée sur zone de canards en halte migratoire ?).



**Évolution des altitudes moyennes et médianes au cours de 24 h.
France, septembre (26 sites)**



**Évolution des altitudes moyennes et médianes au cours de 24 h.
France, octobre (39 sites)**

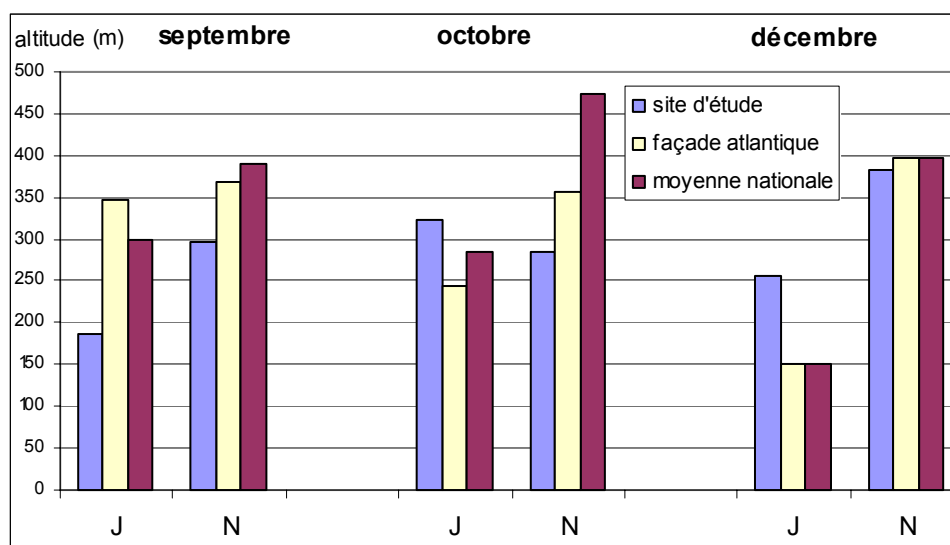


**Évolution des altitudes moyennes et médianes au cours de 24 h.
France, décembre (7 sites)**

* MTR = Migration Traffic Rate ou intensité migratoire horaire (voir annexe 2)

Les altitudes de vol diurnes et nocturnes observées en septembre sont inférieures à la moyenne des autres sites suivis par radar à la même époque (187 m ici contre 298 m de moyenne de jour et 297 m ici contre 391 m de moyenne de nuit, source base de données radar de BIOTOPE, *inédit*). En octobre, elles sont supérieures à la moyenne nationale de jour et nettement inférieures de nuit. En décembre, les oiseaux volent plus haut de jour dans le PNR par rapport à la moyenne nationale (d'environ 100m). par contre, les altitudes de vol nocturnes sont conformes à la moyenne nationale.

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ces différences (importants mouvements locaux à basse altitude liés aux zones humides accueillant les oiseaux en halte, conditions météorologiques particulières). Il ne nous est toutefois pas possible de conclure sur la base de ces seuls relevés.



**Comparaison des altitudes de vol moyennes.
PNR – sites de la façade atlantique*- moyenne nationale**

* ensemble des sites de la mer du Nord, Manche et Océan Atlantique

V. ESTIMATION DES EFFECTIFS D'ÉCHOS OBSERVÉS EN MOUVEMENT

Une méthode de comparaison de l'importance numérique des flux d'échos en déplacement a été réalisée par comptage au radar en mode de balayage vertical.

Le balayage vertical a été effectué pour obtenir l'ensemble des MTR (*Migration Traffic Rate*, en nb. d'échos par heure) qui sont nécessaires pour obtenir le NMT (*Night Migration Total*) le plus précis. Ce NMT représente le flux migratoire nocturne (= somme des différents MTR de la nuit).

V.1. Tendances générales

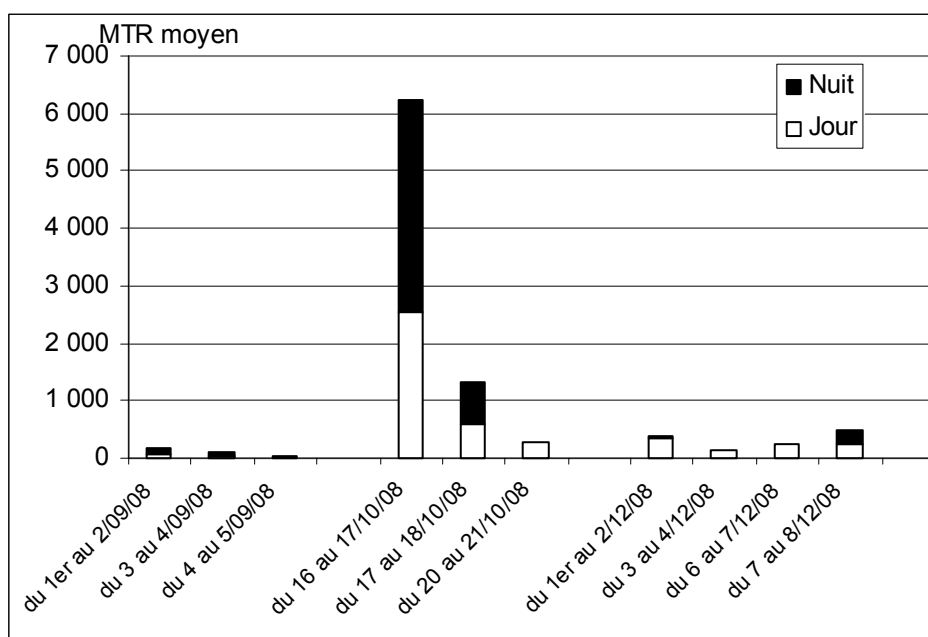
Le tableau et le graphique suivants synthétisent l'évolution temporelle du flux d'échos (MTR) au cours de l'étude.

La tendance générale constatée est la suivante. Lors des observations de début septembre, les conditions météorologiques défavorables ont sans doute bloqué le passage migratoire dans le nord de l'Europe. Les flux observés sont très faibles (de l'ordre de 50 à 100 échos par heure). Localement, les nombreux épisodes pluvieux ont, de plus, limité les mouvements d'oiseaux et les périodes propices aux observations par radar (les averses saturent l'écran de contrôle). On observe un déblocage entre le 16 et le 18 octobre (près de 45 000 échos radar dans la nuit du 16 au 17 octobre, ce qui est très important). En décembre, les flux enregistrés sont relativement faibles (de l'ordre de 150 à 350 échos par heure) et correspondent aux mouvements locaux des oiseaux hivernants.

En septembre, les conditions météorologiques ont perturbé la migration. Les flux notés sont très faibles : la migration est bloquée par la pluie.

Des mouvements migratoires très importants ont ensuite été enregistrés entre le 16 et le 17 octobre (plus de 57 000 échos radar en 24 h dont 45 000 de nuit). Ils correspondent à un pic au cours de la migration postnuptiale. Les espèces connues pour migrer à cette période sont principalement les Fringilles (pinsons...) de jour et les Anatidés, les Turdidés (grives, merles...) et les alouettes de nuit.

En décembre, les mouvements sont plus faibles et correspondent sans doute principalement aux mouvements locaux d'oiseaux hivernants (oiseaux d'eau).



Évolution du MTR moyen au cours de la période d'étude.

EFFECTIFS DETECTES PAR RADAR AU COURS DE LA PERIODE D'ETUDE.					
Date	MTR moyen de jour	MTR moyen de nuit	Flux diurne mesuré (DMT)	Flux nocturne mesuré (NMT)	Flux total
du 1er au 2/09/08	56	117	56	466	522
du 3 au 4/09/08	50	56	349	556	905
du 4 au 5/09/08	15	14	15	101	117
du 16 au 17/10/08	2 530	3 717	12 649	44 604	57 253
du 17 au 18/10/08	581	738	1 162	7 378	8 540
du 20 au 21/10/08	283		566		566
du 1er au 2/12/08	352	40	704	40	744
du 3 au 4/12/08	148		443		443
du 6 au 7/12/08	233		700		700
du 7 au 8/12/08	249	255	2 240	3 321	5 562
TOTAL	540	991	18 885	56 467	75 352

Voir paragraphe XI.2.1 (annexe 2) pour la définition des MTR, DMT et NMT.

Remarque : ces valeurs sont en réalité plus élevées. En effet, l'analyse porte sur une image enregistrée toutes les minutes. 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. Ce temps est fonction de la taille du point, sa distance au radar et l'angle avec lequel il coupe le faisceau.

Le mois de septembre représente seulement 2% du flux total enregistré au cours de l'étude (pour un MTR moyen de 51 échos radar par heure), contre 88% en octobre (MTR moyen de 2 141 échos radar par heure) et 10% en décembre (MTR moyen de 240 échos radar par heure). Le mois de septembre est largement sous représenté, du fait des

mauvaises conditions météorologiques (pluie) sur l'aire d'étude au moment des observations.

V.2. Évolution journalière

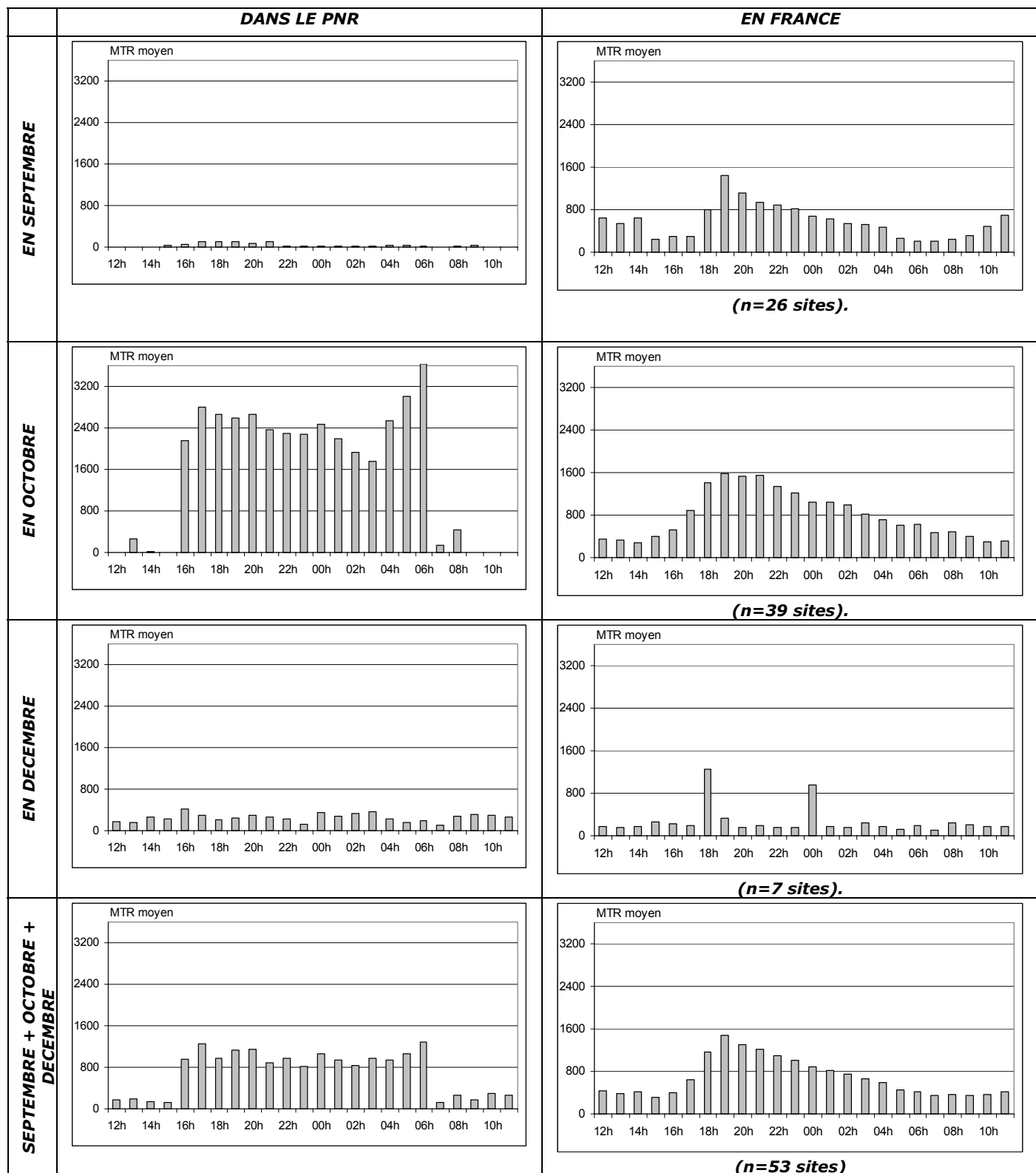
En septembre, la migration est très faible, du fait des nombreuses averses. Les oiseaux préfèrent en effet migrer par temps sec.

Aucune conclusion n'est possible que la phénologie journalière.

En octobre, le flux est très important. On observe clairement plusieurs phases typiques :

- une montée de l'activité en fin d'après-midi,
- on reste ensuite sur un niveau d'activité important mais légèrement décroissant au cours de la nuit,
- l'activité reprend avant l'aube et jusqu'aux premières heures de la matinée,
- le niveau d'activité diurne reste faible.

En décembre, le niveau d'activité est faible et pratiquement constant tout au long des 24 h.



Évolution du MTR moyen au cours de 24h

Ce schéma de migration est relativement conforme à la moyenne des sites suivis par radar à la même époque : l'activité nocturne est supérieure à l'activité diurne. Le niveau d'activité nocturne reste cependant élevé dans le PNR alors qu'il décroît pour l'ensemble des sites suivis par radar à la même époque. L'influence du mois d'octobre (qui a vu passer 88% des trajectoires observées) est ici très importante.

L'activité du mois d'octobre est typique de la migration postnuptiale, celle de décembre correspond davantage à des mouvements locaux d'oiseaux hivernants.

En septembre, les conditions météorologiques ont bloqué la migration postnuptiale.

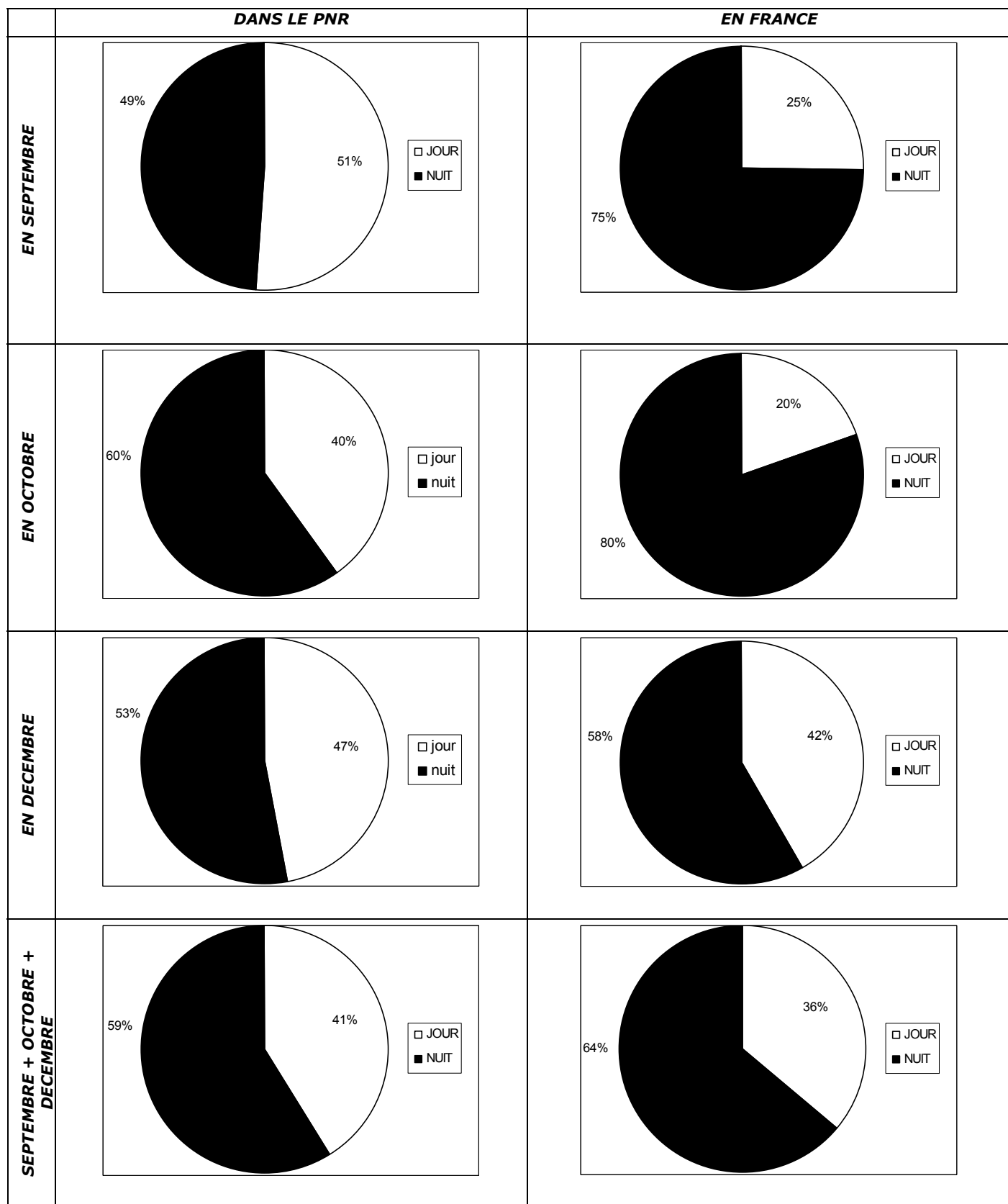
V.3. Différences entre les flux diurnes et nocturnes

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-estimée ou mal connue. L'utilisation du radar montre que près de 65% des mouvements notés entre septembre et décembre dans le PNR sont nocturnes, ce qui est conforme aux chiffres nationaux pour les mêmes mois (voir graphiques suivants).

Cette tendance varie cependant au cours de la saison. En septembre, nous avons noté seulement 49% de flux nocturne dans le PNR alors que la tendance nationale montre une importance bien plus grande de la migration nocturne (75%). Cela s'explique par les mauvaises conditions météorologiques de septembre.

C'est en octobre que la proportion de mouvements nocturnes est la plus importante (60%). Elle reste cependant inférieure à la moyenne nationale (80%).

En décembre, la situation observée dans le PNR (53% de mouvements nocturnes) est conforme à la tendance nationale (58%).



Proportion des flux diurnes et nocturnes

VI. CONCLUSION

À l'issue de cette période d'investigations par radar sur le périmètre du PNR des marais du Cotentin et du Bessin entre septembre et décembre 2008, les points suivants ressortent de notre analyse :

La période d'étude septembre et octobre correspond à la migration postnuptiale. Les oiseaux se dirigent vers leurs zones d'hivernage du sud de la France, de la péninsule ibérique ou d'Afrique. En décembre, les mouvements sont davantage à attribuer aux oiseaux hivernants.

Les directions de vol sont orientées dans leur très grande majorité vers le sud-ouest et le sud, ce qui est conforme à la direction de vol attendue dans cette région à cette période de l'année. Les principales directions de vol détectées confirment les informations déjà disponibles (GONm).

Les principaux axes identifiés correspondent aux vallées et aux zones humides. Les oiseaux traversent l'isthme selon une direction est – ouest (individus en provenance de l'intérieur des terres ?) ou selon une direction sud ou sud-ouest (bifurcation des oiseaux longeant les côtes de la Manche et s'engageant dans la baie des Veys auxquelles s'ajoutent sans doute des oiseaux en provenance des Iles Britanniques et rejoignant le continent à hauteur de la péninsule du Cotentin).

Le flux migratoire est modéré (de l'ordre de 100 à 500 échos radar par heure) à important (supérieur à 2 500 voire 3 500 échos radar par heure) lors de certains pics migratoires, correspondant à des conditions météorologiques favorables en octobre.

Les principaux déplacements migratoires nocturnes prennent place jusqu'à 2 200 mètres (altitude médiane = 245 m). De jour, les oiseaux volent à plus basse altitude (altitude médiane = 223 m). Les vols locaux et les oiseaux qui cherchent à se poser contribuent à baisser l'altitude de vol médiane.

L'étude par radar a contribué à améliorer la connaissance de la migration à travers le PNR. Les conditions météorologiques défavorables ont cependant parfois perturbé la mission (surtout en septembre). Les informations collectées peuvent maintenant servir au PNR pour affiner sa politique de conservation des zones humides et encadrer le développement des éoliennes sur son territoire.

VII. BIBLIOGRAPHIE

- ABIES, 1997. – *Suivi ornithologique du parc éolien de Port-la-Nouvelle*. Rapport final. Géokos consultants, LPO Aude. 66 pp.
- ABIES, 2001. – *Évaluation de l'impact du parc éolien d'Al Koudia Al Baïda (péninsule Tingitane, Maroc) sur l'avifaune migratrice post-nuptiale*.
- ALERSTAM, T., 1993. – *Bird Migration*. Cambridge University Press. 420 pp.
- BLACK, J. E., 2000a. – Radar studies of the 1997-2000 spring migrations at Brock University : a comparison of birds detected overhead and birds observed on the ground at Toronto. *Brock Physics Report* PR-2000-4. 8 pp.
- BLACK, J. E., 2000b. – Radar studies of the 1999 spring migration at Brock University : the Buffalo Weather Radar. *Physics Report* 2000-2. 16 pp.
- BLACK, J. E., 2000c. – *Application of weather radar to monitoring numbers of birds in migration*. Rough outline of a presentation given at the AFO/Wilson/GCBO meeting symposium on weather data ornithology, Galveston, Texas. April 2000.
- BRIGGS, B., 1996. – *Birds and wind turbines: RSPB policy and practice*. Presentation to ITE Conference Birds and wind turbines : can they co-exist ? Royal Society for the Protection of Birds. 10 pp.
- BRUDERER, B. & LIECHTI, F., 1998. – Étude des migrations transméditerranéennes au moyen du radar. Directions de la migration nocturne en automne près de Malaga et à Majorque. Actes du 36e colloque interrégionale d'ornithologie, Neufchâtel (Suisse), 1996. *Nos Oiseaux*, suppl. 2 : 51-60.
- BRUDERER, B., 1997a. – The Study of Bird Migration by Radar. Part 1: The technical basis. *Naturwissenschaften* 84: 1-8.
- BRUDERER, B., 1997b. – The Study of Bird Migration by Radar. Part 2: Major achievements. *Naturwissenschaften* 84: 45-54.
- BRUDERER, B., 1996. – Research on bird migration in the area of the Alps (Switzerland) 1980-1995. *Ornithol. Beob.* 93: 119-130.
- BUURMA, L. S., 2002. – Vragen bij de zichtbare trek over Nederland. pp 19-29 in LWVT & SOVON, 2002. – *Vogeltrekover Nederland 1976 – 1993*. Schuyt & Co, Haarlem. 432 pp.
- CAPSONI, C. & VIGORITA, V., 1998. – *Study of bird migration across the Alps by means of radars observations*. Proceedings of the 1st Meeting of the European Ornithologists' Union. Biol. Cons. Fauna, 102 : 144.
- CHRISTENSEN, T. K., CLAUSAGER, I. & PETERSEN, I. K., 2001. – *Base-line investigations of birds to an offshore wind farm at Horns Rev : results and conclusions 2000/2001*. NERI report. 21 pp.
- CHRISTENSEN, T. K., CLAUSAGER, I. & PETERSEN, I. K., 2001. – *Base-line investigations of birds in relation to an offshore wind farm at Horns Rev, and results from the year of construction*. NERI report. 65 pp.
- CHRISTENSEN, T. K., CLAUSAGER, I. & PETERSEN, I. K., 2001. – *Status report of seabird surveys at Horns Rev, 2000/2001*. Neri report. 22 pp.
- CHRISTENSEN, T. K., HOUNISEN, J. P., CLAUSAGER, I. & PETERSEN, I. K., 2004. – *Visual and radar observations of birds in relation to collision risk at the Horns Rev offshore wind farm*. NERI report. 48 pp.
- CIHAK, K., HROMADKO, M. & HROMADKOVA, V., 1990. – Long – term observation of the nocturnal passage of birds using a headlight. *Bird Census and Atlas Studies*. XI International Conference on Bird Census and Atlas Work. Institute of Applied Ecology and Ecotechnology Agricultural University, Prague. p 89-93.
- CLAUSAGER, I. & H. NØHR, 1995. – *Vindmøllers indvirkning på fugle. Status over viden og perspektiver*. Faglig rapport fra DMU, nr. 147. 51 pp.
- CROCKFORD, N.J., 1992. – *A review of the possible impacts of windfarms on birds and other wildlife*. Joint Nature Conservation Committee, JNCC report No. 27, Peterborough, UK.
- CURRY, R. & KERLINGER, P., 2002. – *Avian risk assessment for the Allegheny heights wind power project*, Garrett County, Maryland. Curry & Kerlinger, L.L.C. 44 pp.
- DEBOUT 1982 - L'avifaune des marais de Carentan. Numéro hors série du Cormoran. 29 pp + 35 pp de cartes et annexes.
- DESHOLM, M., KAHLERT, J., PETERSEN, I. K. & CLAUSAGER, I., 2002. – *Base-line investigations of birds in relation to an offshore windfarm at Rødsand : results and conclusions, 2001*. NERI report. 50 pp.
- DESHOLM, M., 2004. – *Birds studies – results from Nysted Offshore windfarm*. Conférence Offshore Windfarms and the Environment Horns Rev and Nysted Offshore Windfarms. Billund, septembre 2004
- DIETZ, R., TEILMANN, J. & LAIDRE, K., 2001. – *Satellite tracking as a tool to study potential effects of offshore wind farm on seals at Rødsand*. NERI technical report. University of Washington, Seattle. 43 pp.
- DIRKSEN, S., SPAANS, A. L. & VAN DER WINDEN, J., 1996. – Nachtelijke trek en vlieghoogtes van steltlopers over de noordelijke havendam van IJmuiden. *Sula* 10(4) : 129-142.
- DIRKSEN, S., SPAANS, A. L. & VAN DER WINDEN, J., 1995. – *Nachtelijke trek en vlieghoogtes van steltlopers over de noordelijke havendam van IJmuiden, voorjaar 1995*. Bureau Waardenburg bv. DLO – Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. 33 p + annexes.
- DIRKSEN, S., SPAANS, A. L., VAN DER WINDEN, J. & VAN DEN BERGH, L. M. J., 1996. – *Vogelhinder door windturbines. Landelijk onderzoekprogramma, deel 2 : nachtelijke vlieghoogtemetingen van duikenden in het IJsselmeergebied*. Bureau Waardenburg bv. DLO – Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. 68 p + annexes.

- DRENT, R., BOTH, C., GREEN, M., MADSEN, J. & PIERSMA, T., 2003. – Pay-offs and penalties of competing migratory schedules. *Oikos* vol 103 : 274-292.
- EASTWOOD, E., 1967. – *Radar Ornithology*. Methuen & Co Ltd. 278 pp.
- ELKINS, N., 1996. – *Les Oiseaux et la météo*. Delachaux & Niestlé. 218 pp.
- EVANS OGDEN, L. J., 1996. – *Collision course : the hazards of lighted structures and windows to migrating birds*. World Wildlife Fund Canada and the Fatal Light Awareness Program. 46 pp.
- EVANS, W.R., 2000. – *Applications of Acoustic Bird Monitoring for the Wind Power Industry*. In PNAWPPM -III, p141-152.
- GAUTHREAUX, S., 1994. – *Suggested practices for monitoring bird populations, movements and mortality in wind resource areas*. National Avian-Wind Power Planning Meeting Proceedings. 20 pp.
- GOVAERE, A., DEVOS, S., RAEVEL, P., ELLEBOODE, C. & Y. CAPON, 2005. – *Étude des mouvements d'Oiseaux par radar. Applications aux parcs éoliens*. ADEME / GREET Ingénierie / E.E.D., Sophia Antipolis, 205 pp.
- GUILLEMETTE, M., LARSEN, J.K. & I. CLAUSAGER, 1997. – *Effekt af Tunø Knob vindmøllepark på fuglelivet*. Faglig rapport fra DMU, nr. 209. 33 pp.
- GUILLEMETTE, M., LARSEN, J.K. & I. CLAUSAGER, 1998. – *Impact assessment of an offshore wind park on sea ducks*. National Environmental Research Institute, Denmark. 61pp. – NERI Technical Report n°227.
- GUILLEMETTE, M., LARSEN, J.K. & I. CLAUSAGER, 1999. – *Assessing the impact of the Tunø Knob wind park on sea ducks : the influence of food resources*. National Environmental Research Institute, Denmark. 21pp. – NERI Technical Report n°263.
- HAGEMEIJER, E.J.M & BLAIR, M.J (Editors), 1997. – *The EBBC Atlas of European Breeding Birds : Their Distribution and Abundance*. T & A.D Poyser, London. 903 p.
- HARMATA, A.R, PODRUZNY, K.M., ZELENAK, J.R. & MORRISON, M., 2000. – *The use of radar in evaluations of avian-wind development projects: Norris Hill Wind Resource Area, Montana*. In PNAWPPM-III, p162-163.
- HERRMANN, N. & F. SUEUR, 2002. – *Recherche bibliographique commentée sur les impacts des parcs éoliens sur l'avifaune et les chiroptères*. Ventura S.A. Groupe Ornithologique Picard. 23 pp.
- HOFFMAN, E., ASTRUP, J., LARSEN, F. & MUNCH-PETERSEN, S., 2000. – *Effects of marine windfarms on the distribution of fish, shellfish and marine mammals in the Horns Rev area*. ELSAMPROJEKT A/S, Danish Institute for Fisheries Research. 42 pp.
- HORCH, P., 2003. – *Les installations éoliennes sont-elles compatibles avec les Oiseaux? Bulletin d'information de la Station ornithologique de Sempach*. Déc. 2003. 2 pp.
- JANSS, G., 2001. – *Incidences of wind turbines on raptors in Southern Spain*. WWGBP, World Raptor Conference, Sevilla, September 2001.
- KAHLERT, J., DESHOLM, M., CLAUSAGER, I. & PETERSEN, I. K., 2000. – *Environmental impact assessment of an offshore windpark at Rødsand : technical report on birds*. NERI report commissioned by SEAS distribution 2000. 60 pp.
- KAHLERT, J., DESHOLM, M., PETERSEN, I. K. & CLAUSAGER, I., 2001. – *Base-line investigations of birds in relation to an offshore windfarm at Rødsand : results and conclusions, 2000*. NERI report. 42 pp.
- KELLY, T.A., 2000. – *Radar, remote sensing and risk management*. In PNAWPPM-III, p152-161.
- KERLINGER, P., 2001a. – *Phase 1 : Avian risk assessment for the Meyersdale windpower project, Somerset county, Pennsylvania*. Curry & Kerlinger, LLC., Meyersdale Windpower LLC. 50 pp.
- KERLINGER, P., 2001b. – *Spring migration of birds at the Meyersdale windpower project, Somerset county, Pennsylvania : a risk assessment*. Curry & Kerlinger, LLC., Meyersdale Windpower LLC. 25 pp.
- KERLINGER, P., 2002. – *Autumn migration of hawks and other birds at the Meyersdale windpower project, Somerset county, Pennsylvania : a risk assessment*. Curry & Kerlinger, LLC., Meyersdale Windpower LLC. 21 pp.
- KERLINGER, P., 2003a. – *Summary report on avian risk studies at the Meyersdale windpower project site. Meyersdale, Pennsylvania : 2001-2002*. Curry & Kerlinger, LLC., Meyersdale Windpower LLC. 5 pp.
- KERLINGER, P., 2003b. – *FAA Lighting of wind turbines and bird collisions*. Curry and Kerlinger, LLC, 19 pp.
- KINGSLEY, A. & WITTHAM, B., 2001. – *Potential impacts of wind turbines on birds at North Cape, Prince Edward Island*. Bird Studies Canada, Atlantic Region. Prince Edward Island Energy Corporation. 31 pp.
- KRÜGER, T. & GARTHE, S., 2001. – *Flight altitudes of coastal birds in relations to wind direction and speed. Atlantic Seabirds* 3(4): 203-216.
- LANGSTON, R.W.H. & PULLAN, J.D., 2002. – *Windfarms and Birds: an analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues*. BirdLife. Conseil de l'Europe. 37 pp.
- LARSEN, J., K. & MADSEN, J., 2000. – *Effects of wind turbines and other physical elements on field utilization by pink-footed geese (Anser brachyrhynchus) : a landscape perspective. Landscape Ecology* : 755-764.
- LENSINK, R. & VAN GASTEREN, H., 2002. – *Inleiding*. pp 9-17 in LWVT & SOVON, 2002. – *Vogeltrek over Nederland 1976 – 1993*. Schuyt & Co, Haarlem. 432 pp.
- LIECHTI, F. & BRUDERER, B., LARDELLI, R. & PETER, D., 1995. – *The Alps, a weather dependent obstacle for nocturnal autumn migration? Avocetta* 19 : 68.
- MANVILLE, A. M. II. 2000. *The ABCs of avoiding bird collisions at communication towers: the next steps*. Proceedings of the Avian Interactions Workshop, December 2, 1999, Charleston, SC. Electric Power Research Institute (in press).
- MARTI MONTES, R. & BARRIOS JAQUE, L., 1995. – *Effects of windturbine power plants on the avifauna in the Campo de Gibraltar region. Summary of the final report*. Environmental Agency of the Regional Government of Andalusia – Spanish Ornithological Society. 23pp.
- MEAD, C. J., 1982. – *The possible impact of wind power generators on flying birds*. Research Report n°6. B.T.O. – Nature Conservancy Council. 15 pp.
- MEEK, E.R., RIBBANS, J.B., CHRISTER, W.G., DAVEY, P.R. & HIGGINSON, I., 1993. – *The effects of aero-generators on a moorland bird population in the Orkney Islands, Scotland. Bird Study* 40 : 140-143.

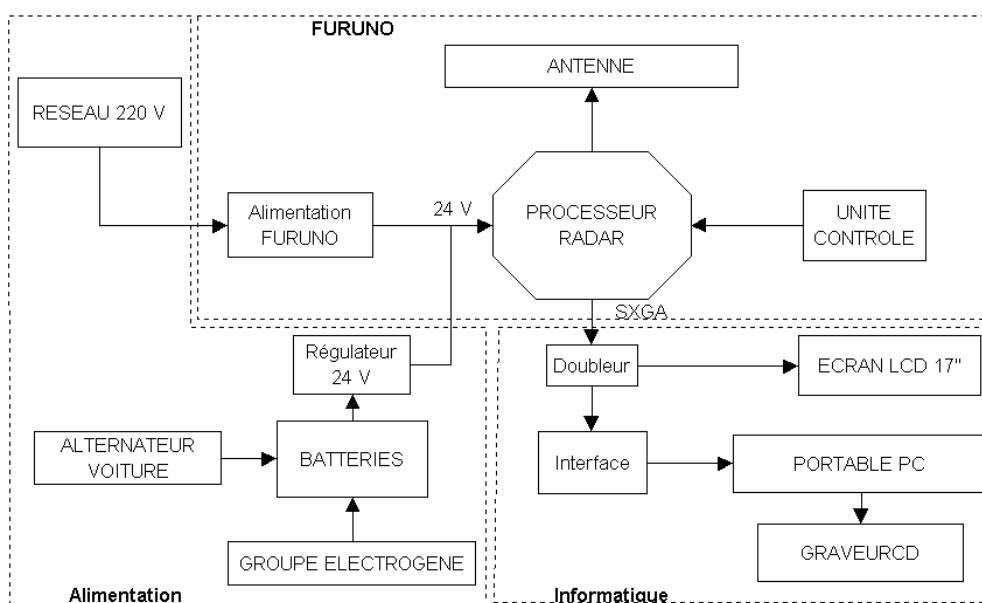
- MERCK, T. & VON NORDHEIM, H., 2000. – *Technische Eingriffe in Marine Lebensräume. Tagungsband*. BfN – Skripten 29. Bundesamt für Naturschutz.
- METOC, 2000. – *An assessment of the environmental effects of offshore wind farms*. Report to ETSU/DTI. ETSU W/35/00543/REP. www.dti.gov.uk/renewable
- MITSCHE, A., GARTHE, S. & HÜPPOP, O., 2001. – *Erfassung der Verbreitung, Häufigkeiten und Wanderungen von See- und Wasservögeln in der deutschen Nordsee*. BfN Skripten 34. Bundesamt für Naturschutz. 100 pp.
- MORRISON, M. L., 1998. – *Avian Risk and Fatality Protocol*. 11 pp.; NREL Report No. SR-500-24997.
- MORRISON, M. L.; POLLOCK, K. H.; OBERG, A. L.; SINCLAIR, K. C., 1998. – *Predicting the Response of Bird Populations to Wind Energy-Related Deaths*. Collection of the 1998 ASME Wind Energy Symposium Technical Papers Presented at the 36th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, 12-15 January 1998, Reno, Nevada. New York: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. (AIAA) and American Society of Mechanical Engineers (ASME); pp. 157-164; NREL Report No. CP-500-25009.
- MORRISON, M.L. & POLLOCK, K.H., 1997. – *Development of a practical modelling framework for estimating the impact of wind technology on bird populations*. NREL / SR-440 23088, 42 pp.
- MORRISON, M.L. & POLLOCK, K.H., 2000. – *Development of a practical modelling framework for estimating the impact of wind technology on bird populations*. In PNAWPPM-III, p183-188.
- MUSTERS, C.J.M., NOORDERVLIET, M.A.W. & W.J. TER KEURS, 1995. – *Bird casualties and wind turbines near the Kreekrak sluices of Zeeland*. Environmental Biology Leiden University. Leiden (NL), 28 pp.
- MUSTERS, C.J.M., NOORDERVLIET, M.A.W. & W.J. TER KEURS, 1996. – *Bird casualties caused by a wind energy project in an estuary*. *Bird Study* 43 :124-126.
- PEDERSEN, M.B. & POULSEN, E., 1991. – *En 90m/2MW vindmølles indvirkning på fuglelivet. Fugles reaktioner på opførelsen og idriftsættelsen af Tjæreborgmøllen ved Danske Vadehav*. Danske Vildtundersøgelser, Hæfte 47, Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Flora- og Faunaøkologi, Kalø.
- PERCIVAL, S. & T. PERCIVAL, 2001. – *Otterham proposed wind farm. Breeding bird and habitat survey 2001*. Powergen Renewables Development Ltd / Ecology Consulting, Durham, 12 pp. + ann.
- PERCIVAL, S. M., 2001. – *Assessment of the effects of offshore wind farms on birds. Executive summary*. ETSU W/13/00565/REP. 5 pp.
- PETERSEN, I. K. & CLAUSAGER, I., 2000. – *VVM-redegørelse for havvindmøllepark på Omø Stålgunde. Teknisk rapport vedrørende fugle*. Rapport fra DMU. 71 pp.
- PETERSEN, I. K., CLAUSAGER, I., CHRISTENSEN, T. K., 2004. – *Bird numbers and distribution in the Horns Rev offshore wind farm area*. NERI Report. 36 pp.
- PIM Wind Power, nd. – *Joint-Venture Project Proposal to Enerquest (30 MW Wind Farm in Western US)*. 20 pp.
- PNAWPPM, 1995. – *Proceedings of the National Avian-Wind Power Planning Meeting, Denver, CO, July 1994*. Report DE95-004090. RESOLVE Inc. Washington, D.C., and LGL, Ltd., King City, Ont. 145 p.
- PNAWPPM-II, 1996. – *Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting III, Palm Springs, CA, Sept. 1995*. Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by RESOLVE Inc., Washington, D.C., and LGL, Ltd., King City, Ont. 152 p.
- PNAWPPM-III, 2000. – *Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting III, San Diego, CA, May 1998*. Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee by LGL, Ltd., King City, Ont. 202 p.
- PNAWPPM-IV, 2001. – *Proceedings of the National Avian-Wind Power Planning Meeting IV, Carmel, CA, May 16-17, 2000*. Prepared for the Avian Subcommittee of the National Wind Coordinating Committee, by RESOLVE, Inc., Washington, D.C., Susan Savitt Schwartz, ed., 179 p.
- SMALLWOOD, K. S., THELANDER, C. & SPIEGEL, L., 2003. – *Raptor mortality at the Altamont pass wind resource area*. Bio Resource Consultants. National Renewable Energy Laboratory. 61 pp.
- SPAANS, A. L., VAN DER WINDEN, J., VAN DEN BERGH, L. M. J. & DIRKSEN, S., 1995. *Vogelhinder door windturbines. Landelijk onderzoekprogramma, deel 1 : verkennend onderzoek naar vliegbewegingen in getijdengebieden*. Bureau Waardenburg bv. DLO – Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. 35 pp + annexes.
- STILL, D., LITTLE, B. & LAWRENCE, S., 1995. – *The effect of windturbines on the bird population at Blyth*. ETSU, Haugh Lane Industrial Estate, Hexham.
- TASKER, M. L., WEBB, A., HALL, A. J., PIENKOWSKI, M., W. & LANGSLOW, D. R., 1987. – *Seabirds in the North Sea*. Final report of phase 2 of the Nature Conservancy Council Seabirds at Sea Project. November 1983 – October 1986. 336 pp.
- THELANDER, C.G. & RUGGES, L., 2000. – *Avian Risk Behaviour and fatalities at the Altamont Wind Resources Area*. NREL/500-27545 [www.nrel.gov] 28p.
- TULP, I., SCHEKKERMAN, H., LARSEN, J. K., VAN DER WINDEN, J., VAN DE HATERD, R. J. W., VAN HORSSSEN, P., DIRKSEN, S. & SPAANS, A. L., 1999. – *Nocturnal flight activity of sea ducks near the windfarm Tunø Knob in the Kattegat*. Bureau Waardenburg bv. DLO – Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. 69 pp.
- VAN DER WINDEN, J., DIRKSEN, S., VAN DEN BERGH, L.M.J. & SPAANS, A. L., 1996. – *Nachtelijke vliegbewegingen van duikeenden bij het Windpark Lely in het IJsselmeer*. Bureau Waardenburg bv. DLO – Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. 31 pp.
- VAN DER WINDEN, J., SPAANS, A. L. & DIRKSEN, S., 1997. – *Nachtelijke aanvaringskansen van vogels met windturbines in getijden – en semi-offshore gebieden*. Nederlandse Duurzame Energie Conferentie, 17-18 november 1997. p 212-213.
- VAN DER WINDEN, J., SPAANS, A. L., VAN DEN BERGH, L. M. J. & DIRKSEN, S., 1997. *Vogelhinder door windturbines. Landelijk onderzoekprogramma, deel 1 : nachtelijke vlieghoogtemetingen van getijdentrek in het Deltagebied*. Bureau Waardenburg bv. DLO – Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. 73 pp + annexes.
- VERNER, J., 1981. – *Measuring responses of avian communities to habitat manipulations*. *Studies in Avian Biology* n° 6 : 543-547.

- WERNHAM, C. V., TOMS, M.P., MARCHANT, J.H., CLARCK, J.A., SIRIWARDENA, G.M. & BAILLIE, S.R. (Eds), 2002. - *The Migration Atlas : movements of the birds of Britain and Ireland*. T. & A. D. Poyser, London. 884 pp.
- WESTERN ECOSYSTEM TECHNOLOGY, Inc. & NORTHWEST WILDLIFE CONSULTANTS, Inc., 2003. - *Stateline Wind Project Wildlife Monitoring Annual Report. Results for the Period July 2001 - December 2002*. FPL Energy Statelines Technical Advisory Committee, Oregon Office of Energy. 66 pp.
- WINKELMAN J.E., 1984. - *Bird impact by middle-sized wind turbines - on flight behaviour, victims, and disturbance (Dutch, English summary)*. RIN-report 84/7, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem.
- WINKELMAN J.E., 1985a. - *Bird impact by middle-sized wind turbines - on flight behaviour, victims, and disturbance (Dutch, English summary)*. *Limosa* 58: 117-121.
- WINKELMAN J.E., 1985b. *Impact of medium-sized wind turbines on birds: a survey on flight behaviour, victims, and disturbance*. *Neth. J. Agric. Sci.* 33: 75-78.
- WINKELMAN J.E., 1988. - *Methodologische aspecten vogelonderzoek SEP-proefwindcentrale Oosterbierum (Fr.), deel 1: onderzoeksoptzet, nachtstudies en slachtofferonderzoek, voorjaar 1984 - herfst 1987*. RIN-report 88/46, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem.
- WINKELMAN J.E., 1989. - *Vogels en het windpark nabij Urk (NOP) : aanvaringsslachtoffers en verstoring van pleisterende eenden, ganzen en zwanen*. RIN-Rapport 89/15.
- WINKELMAN J.E., 1990. - *Impact of the wind park near Urk, Netherlands, on birds: bird collision victims and disturbance of wintering waterfowl*. Acta SS Congressus Internationalis Ornithologici, Christchurch, New Zealand, Supplement, Programme and Abstracts: 402-403.
- WINKELMAN J.E., 1992a. - *Methodologische aspecten vogelonderzoek Sep-proefwindcentrale Oosterbierum (Fr.), deel 2 (1988-1991)*. RIN-Rapport 92/6.
- WINKELMAN J.E., 1992b. - *The impact of the Sep Wind Park near Oosterbierum (Fr.), The Netherlands, on birds. 1. Collision victims*. RIN-Rapport 92/2.
- WINKELMAN J.E., 1992c. - *The impact of the Sep Wind Park near Oosterbierum (Fr.), The Netherlands, on birds. 2. Nocturnal collision risks*. RIN-Rapport 92/3.
- WINKELMAN J.E., 1992d. - *The impact of the Sep Wind Park near Oosterbierum (Fr.), The Netherlands, on birds. 3. Flight behaviour during daylight*. RIN-Rapport 92/4.
- WINKELMAN J.E., 1992e. - *The impact of the Sep Wind Park near Oosterbierum (Fr.), The Netherlands, on birds. 4. Disturbance*. RIN-Rapport 92/5.
- WINN TINGLEY, M., 2003. - *Effects of offshore wind farms on birds. "Cuisinarts of the Sky or just tilting at windmills?"*. Thesis, Harvard University. 117 pp.
- YOUNG, D. P., JR.; ERICKSON, W. P.; STRICKLAND, M. D.; GOOD, R. E.; SERNKA, K. J., 2003. - *Comparison of Avian Responses to UV-Light-Reflective Paint on Wind Turbines : Subcontract Report, July 1999-December 2000*. 67 pp.; NREL Report No. SR-500-32840.

VIII. ANNEXE 1 : DESCRIPTIF TECHNIQUE DU RADAR

Principe du radar AviScan

Le schéma de principe de l'installation est présenté ci-dessous.



L'installation est composée de trois blocs fonctionnels :

- le bloc « Furuno » constitué d'un radar complet comprenant une antenne, une unité processeur et une unité de contrôle ainsi qu'une alimentation 24 V à partir du 220V (le radar fonctionne en 24 V) ;
- un bloc « alimentation » fournissant du 24 V continu à partir de batteries chargées par un groupe électrogène ;
- un bloc « informatique » reprenant le signal vidéo en provenance du radar. Un logiciel permet de stocker sur disque dur les images de l'écran.

Descriptif technique du radar

Le radar choisi est un radar de pêche de la marque FURUNO (Japon) équipé d'une antenne de 6,5'.

Marque	Furuno (Japon)
Type	2125 BB

Puissance	25 kW
Fréquence	9410 MHz +/- 30 MHz (longueur d'onde de 3,2 cm – X Band)

Antenne	XN24 AF
Longueur	6,5' (2 m)
Angle horizontal	1,23°
Angle vertical	20°
Masse	39 kg

Portée (MN)	P/L (µs)	PRR (Hz)
0.125	0,25 – 0,07	3000
0.5	0,07 – 0,15	3000
0.75, 1.5	2 parmi 0,07/0,15/0,3	3000/1500
3	2 parmi 0,15/0,3/0,5/0,7	3000/1500
6	2 parmi 0,3/0,5/0,7/1,2	1500/1000
12, 24	2 parmi 0,5/0,7/1,2	1000/600
48, 96	1,2	600

PRR : Pulse Repetition Rate

La précision est 1% de la portée et de 15 m au minimum. Pour une portée de 3 milles nautiques (5,5 km), le radar émet donc une impulsion de 0,3 µs 3000 fois par seconde. La précision est de 50 m environ.

Masse de l'ensemble (unité processeur et unité de contrôle) : 61 kg.

Ordinateur d'analyse

Un ordinateur récupère le signal vidéo du radar (résolution 1280 x 1024). Un logiciel de capture d'écran a été branché à la sortie du radar. Ce logiciel de capture enregistre automatiquement l'image projetée sur l'écran et la stocke sur le disque dur. La fréquence des captures ainsi que la qualité des images sont réglables. Pour cette étude, nous avons choisi de conserver une image toutes les minutes soit 60 images par heure.



L'unité AVISCAN



Le logiciel de capture d'écran

En plus du radar proprement dit, l'installation est complétée par les éléments suivants :

- une unité processeur, unité de contrôle ;
- une alimentation 24 V à partir du 220 V ;
- un groupe électrogène ;
- une station météo WS2300 (anémomètre, pression atmosphérique, température...) ;
- un plateau mobile (horizontal / vertical) ;
- une remorque (4,58 x 1,61 x 2,50 m, PV = 435 kg, PTAC = 1500 kg)

IX. ANNEXE 2 : MÉTHODES ET LIMITE DE L'ETUDE 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 (ayant depuis intégré la société BIOTOPE), alternant les phases de mise au point et de tests. Il a été décrit de manière complète dans un dossier spécifique réalisé pour l'ADEME (GOVAERE & al., 2005).

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 (© E.E.D. / GREET Ingénierie). AviScan a été développé en partenariat entre E.E.D.¹ et GREET Ingénierie, devenu depuis BIOTOPE.

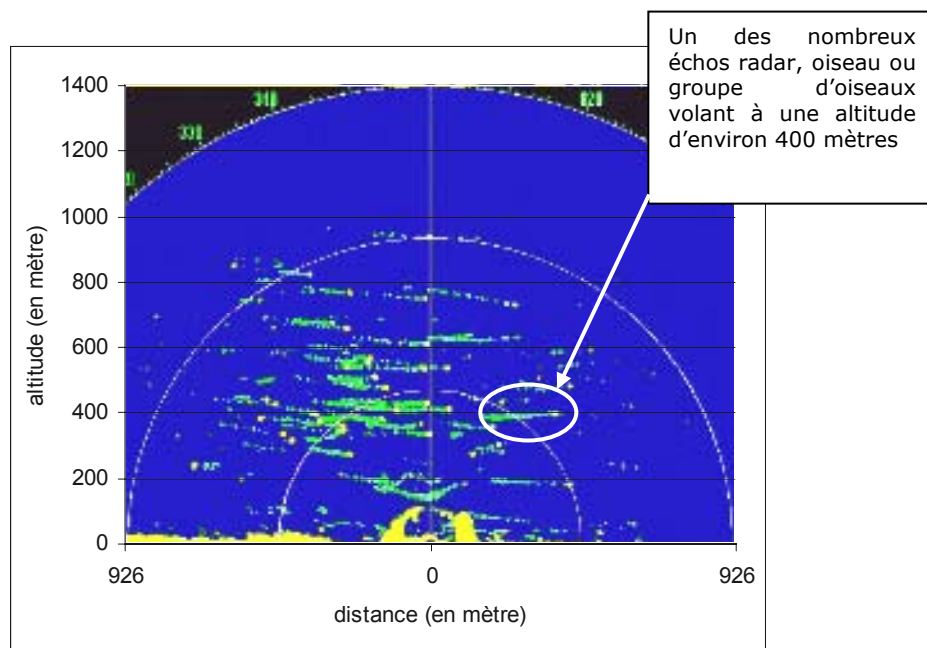
Son rayon d'action maximum est de 96 milles nautiques. Pour une utilisation optimale pour l'étude des déplacements d'oiseaux, nous préconisons l'usage de l'échelle est fixée à 3 ou 6 milles nautiques en position horizontale ce qui équivaut à 5 556 ou 11 112 mètres de rayon. Des utilisations à une échelle plus fine ou plus grande ont été faites pour visualiser les déplacements locaux et les comportements particuliers (échelles 1,5 MN et 0,75 MN). En balayage vertical, l'échelle utilisée est 1,5 MN (2,78 km).

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.

Les deux 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.

¹ www.espace-eolien.fr



Exemple d'image radar prise en mode de balayage vertical présentée sous forme de graphique, montrant un exemple des mouvements observés au cours d'une nuit

De manière théorique, au cours d'un cycle de 24 heures, nous alternons les positions du radar :

- 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.



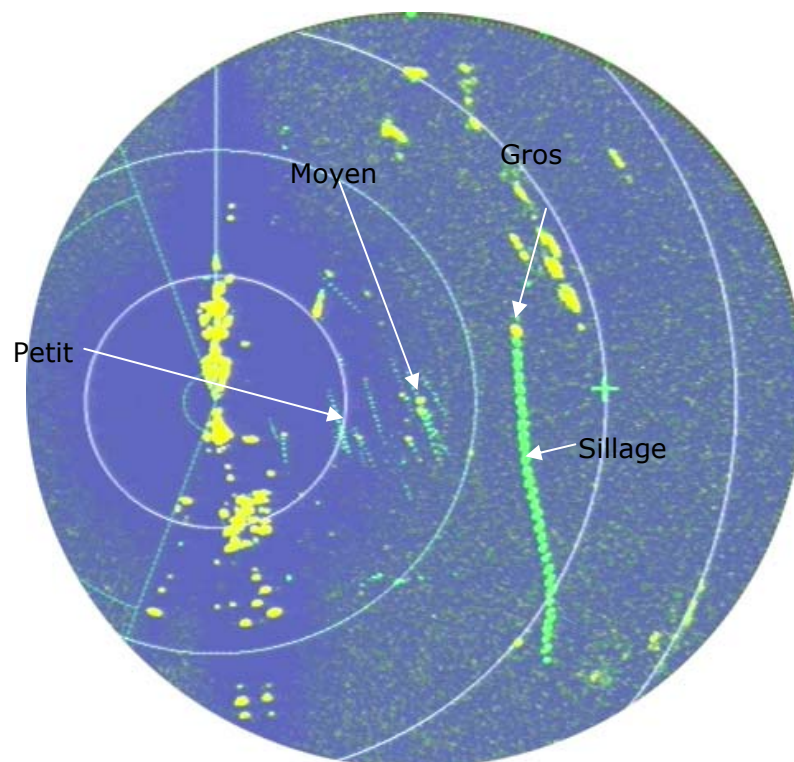
L'unité AVISCAN

IX.1. 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.

De jour, des observations visuelles ont donc été menées en parallèle pour déterminer les trajectoires.



L'unité de comptage est donc l'écho. Il peut parfois s'agir d'échos parasites (insectes, chauves-souris, phénomènes météorologiques, avions, ...).

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 (arbres, reliefs, culture ondulant, ...).

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.

Un point jaune suivi d'un sillage vert correspond donc à une trajectoire.

IX.2. EXPLOITATION DES RESULTATS

IX.2.1. DEFINITION 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.

$$\text{NMT} = \text{MTR}_{19\text{h}} + \text{MTR}_{20\text{h}} + \text{MTR}_{21\text{h}} + \dots + \text{MTR}_{5\text{h}} + \text{MTR}_{6\text{h}} + \text{MTR}_{7\text{h}}$$

Et non $12 \times \text{MTR}_{\text{Xh}}$, 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).

IX.2.2. EN BALAYAGE VERTICAL

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 lors de l'analyse les altitudes moyennes et médianes (altitude en dessous – ou au-dessus - de laquelle 50% du flux est passé).

Ces altitudes moyennes et médianes sont ensuite comparées à d'autres valeurs obtenues à la même période sur d'autres sites (base de données interne de BIOTOPE, inédit).

IX.2.3. EN BALAYAGE HORIZONTAL

Le balayage horizontal apporte des informations sur les directions de vol et les couloirs fréquentés par les oiseaux. Les trajectoires sont numérisées (à raison d'un point toutes les 60 secondes) et alimentent une base de données SIG. Elles sont ensuite présentées sur fond IGN et relief de manière à illustrer les couloirs les plus fréquentés par les oiseaux en déplacement.

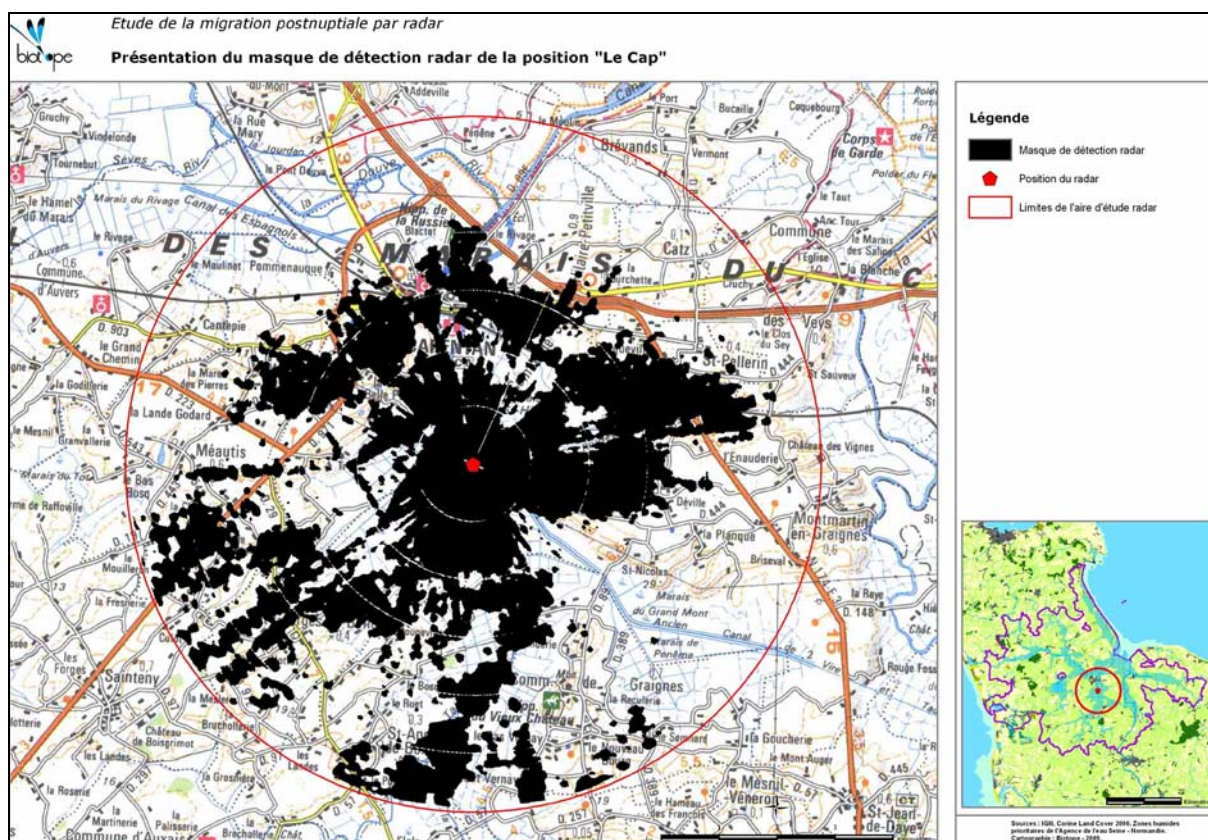
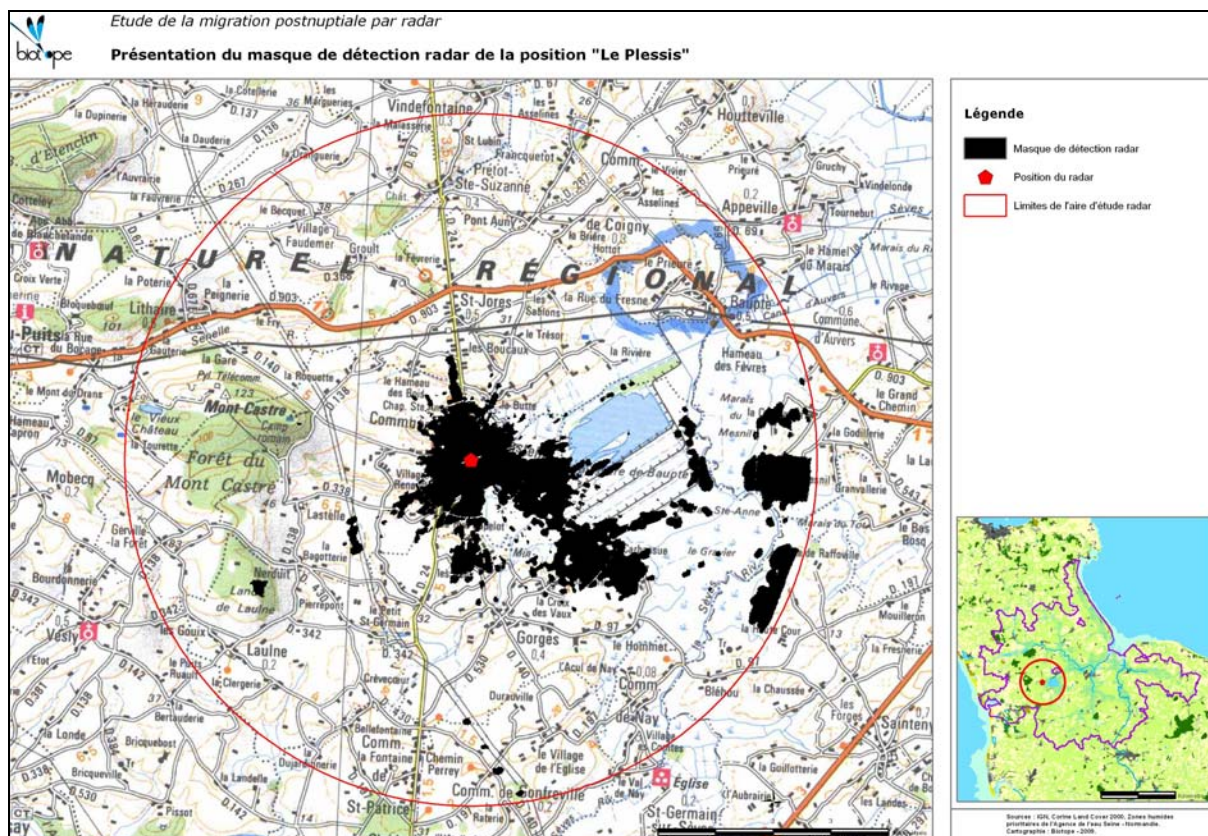
La qualité des observations radar dépend de plusieurs facteurs :

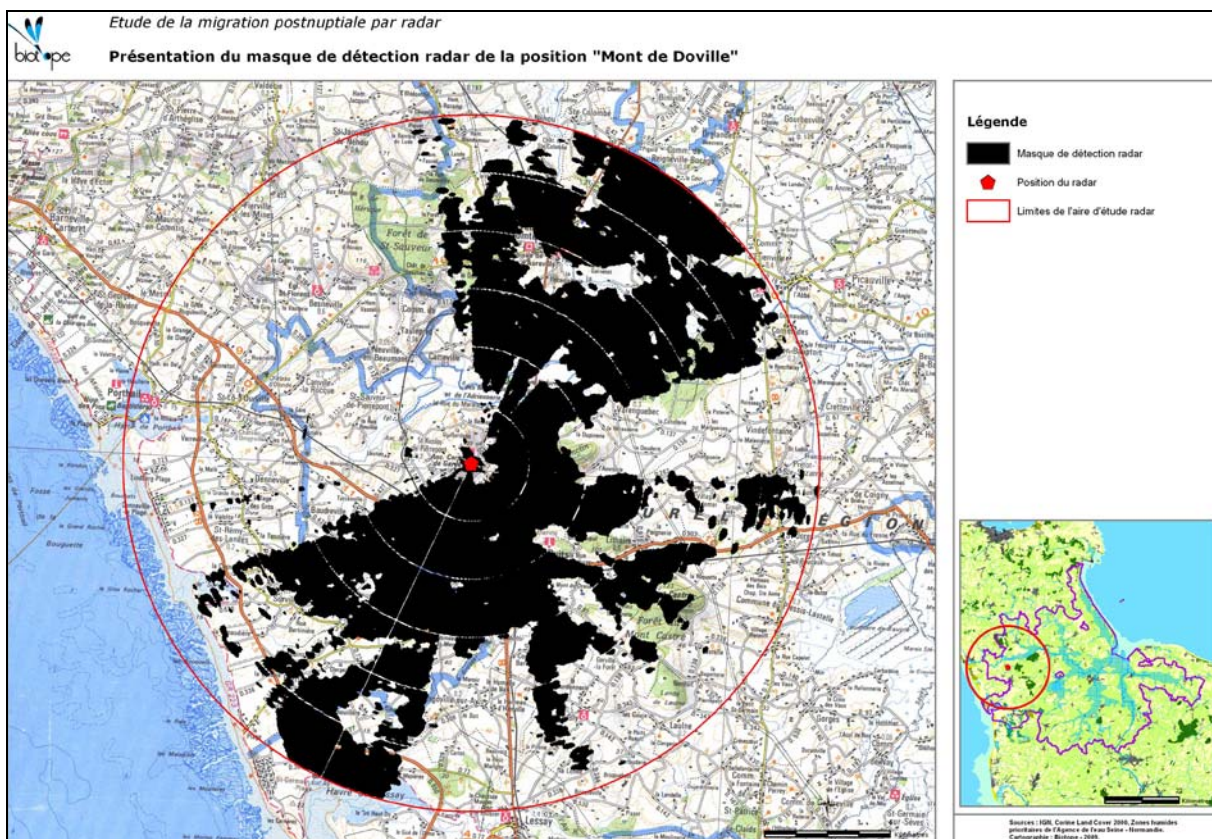
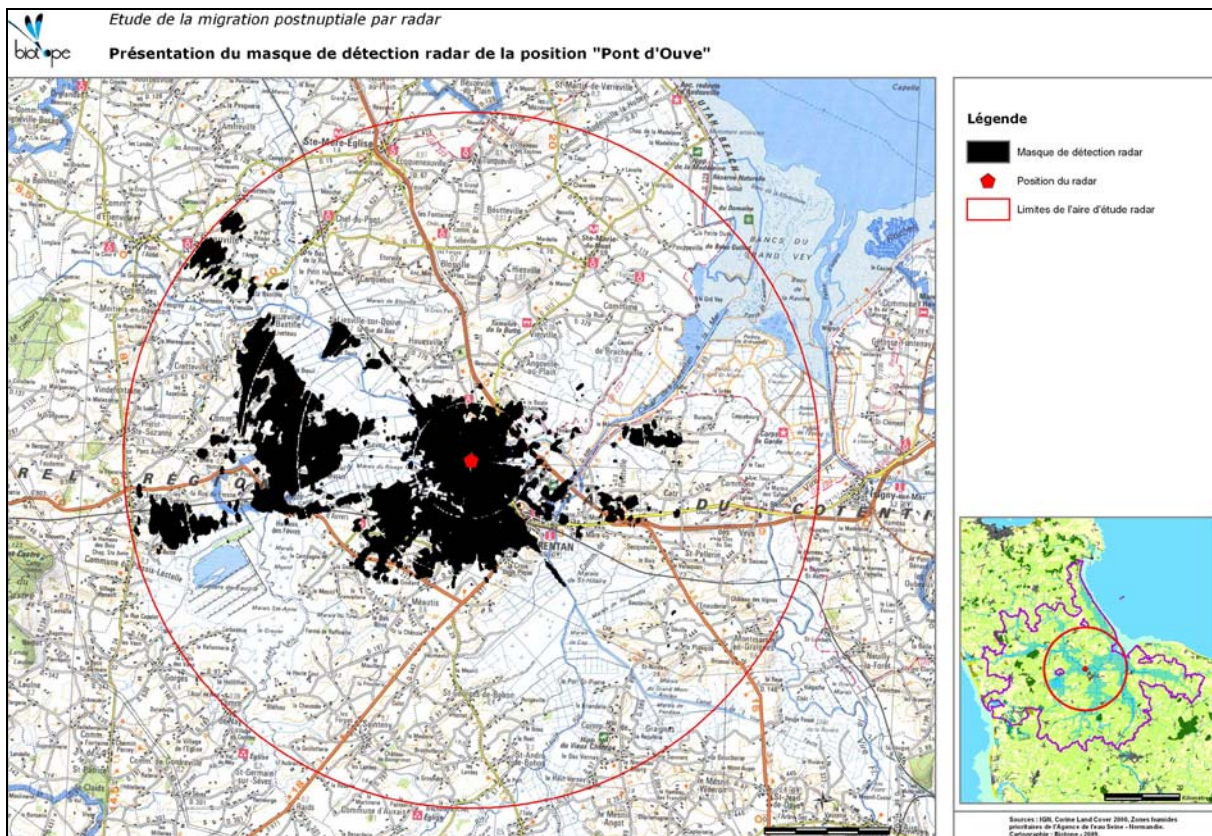
- *Le masque de détection*

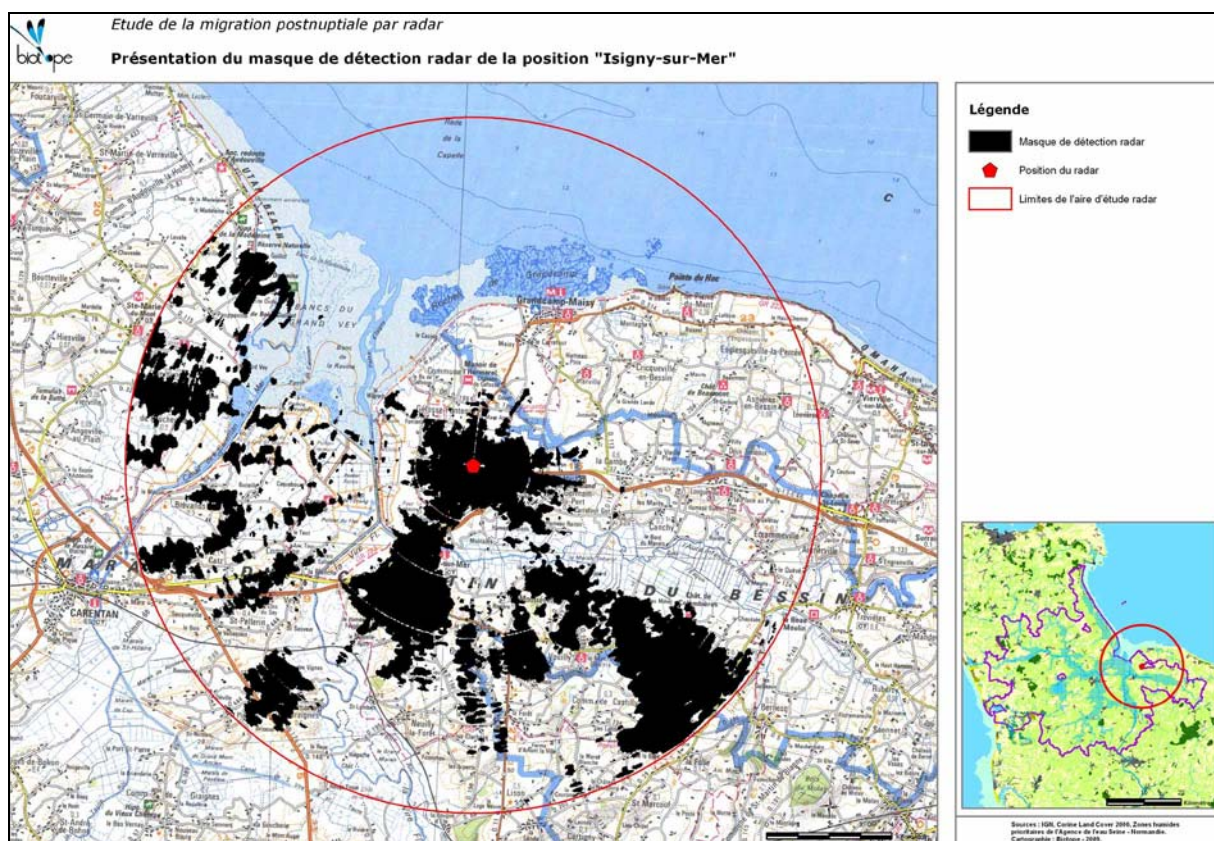
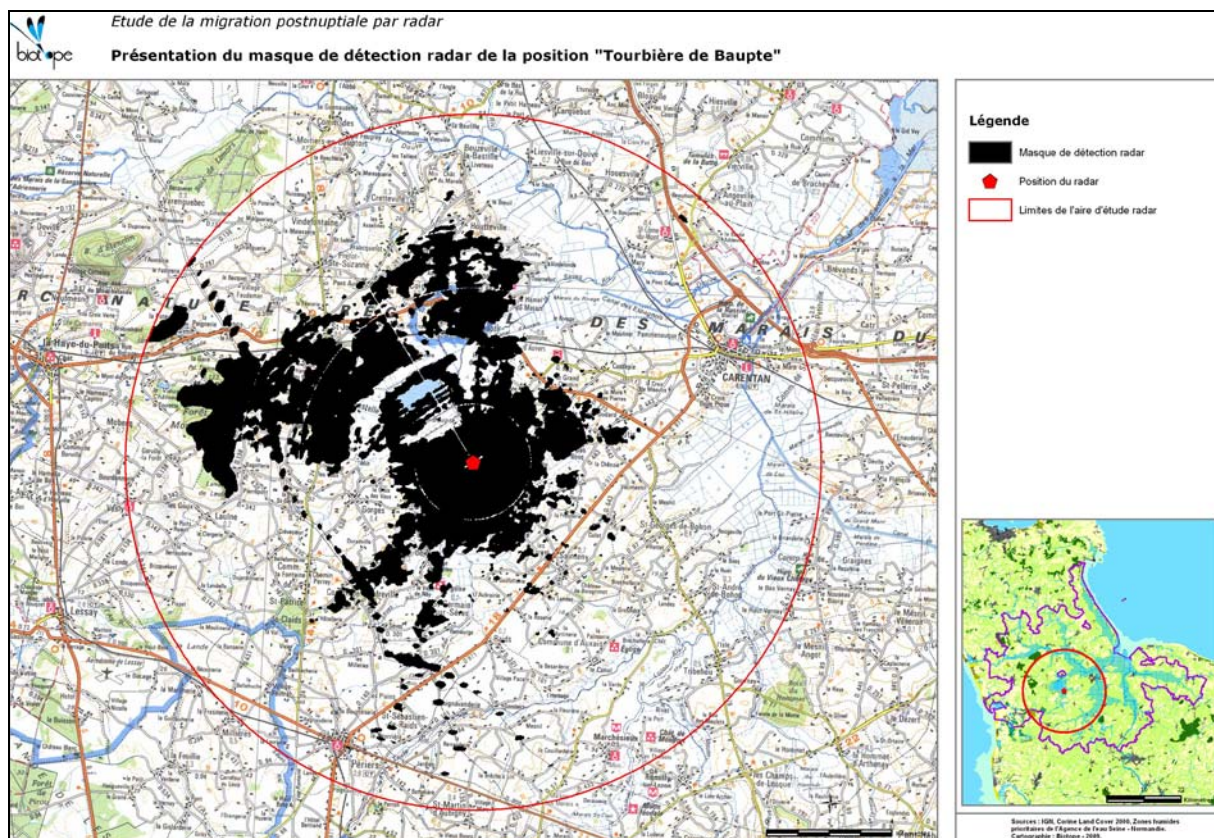
Les obstacles fixes (arbres, haies, reliefs, pylônes électriques...) renvoient également les ondes du radar de façon permanente et apparaissent en jaune sur l'écran de contrôle. Le rendu à l'écran radar de ce phénomène est appelé « masque de détection ».

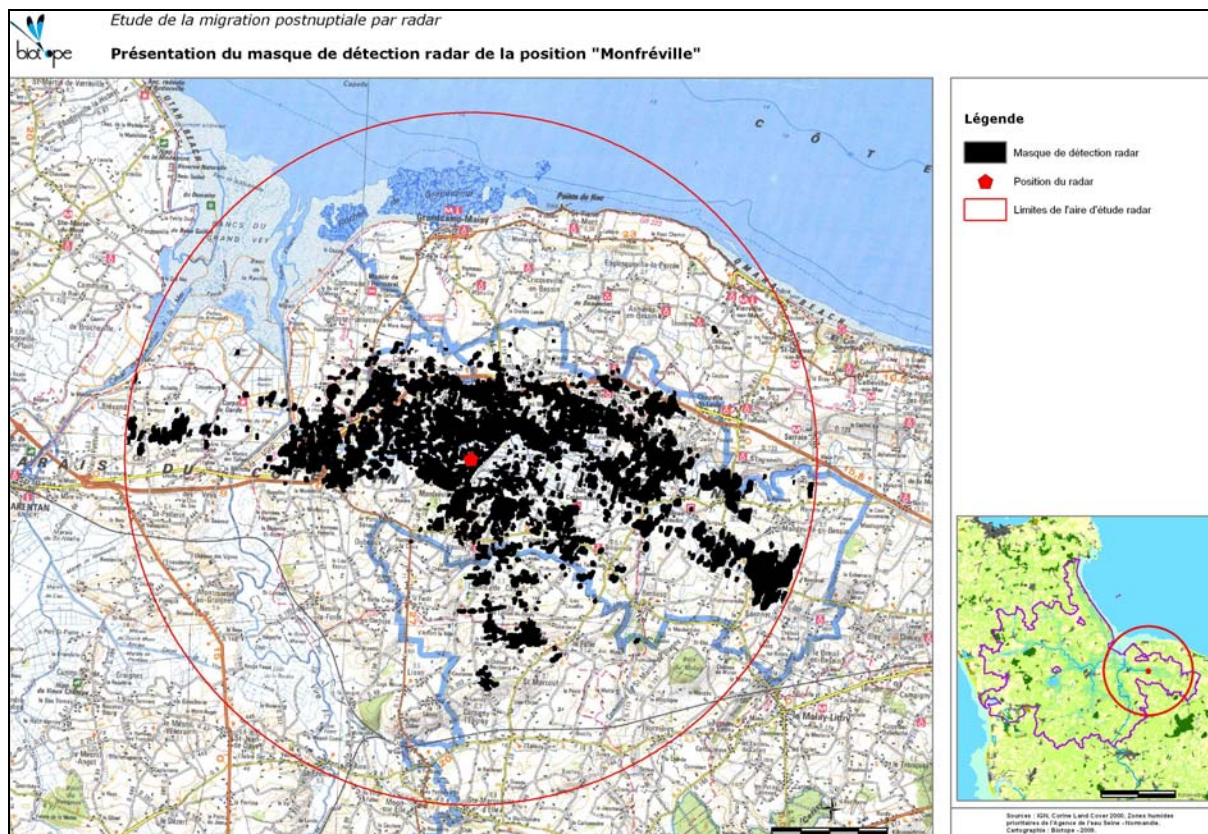
Sur les cartes présentant les trajectoires dans le rapport d'étude, les zones jaunes de l'écran radar (appelées « masque ») figurent en noir.

Sur les deux points d'observation radar (cf. cartes ci-après), les masques peuvent être qualifiés de « peu importants » au regard de notre expérience.









- *Le volume de détection*

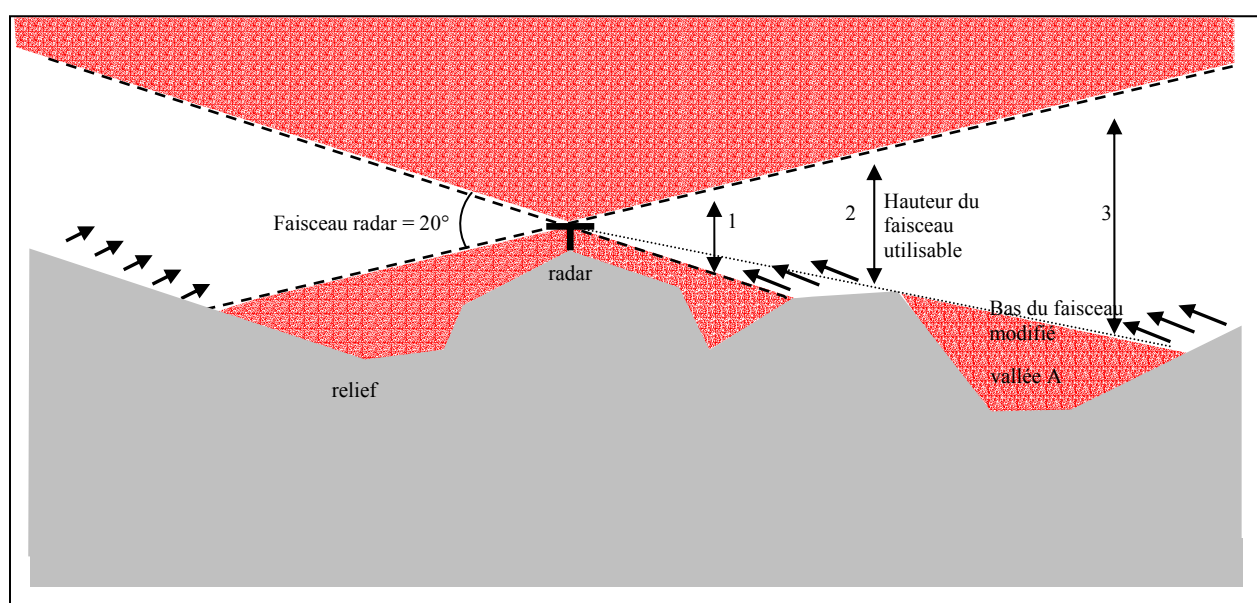
Le radar émet des ondes sur 360° dans un cône d'émission d'environ 20° d'ouverture (voir schéma suivant). La hauteur du faisceau utilisable est donc la différence entre le haut du faisceau radar et le sol ou le bas du faisceau utilisable (selon les cas de figure).

Cas 1- hauteur utilisable = haut du faisceau – bas du faisceau ;

Cas 2- hauteur utilisable = haut du faisceau – relief ;

Cas 3- hauteur utilisable = haut du faisceau – bas du faisceau modifié (angle d'ouverture réduit, < 20°).

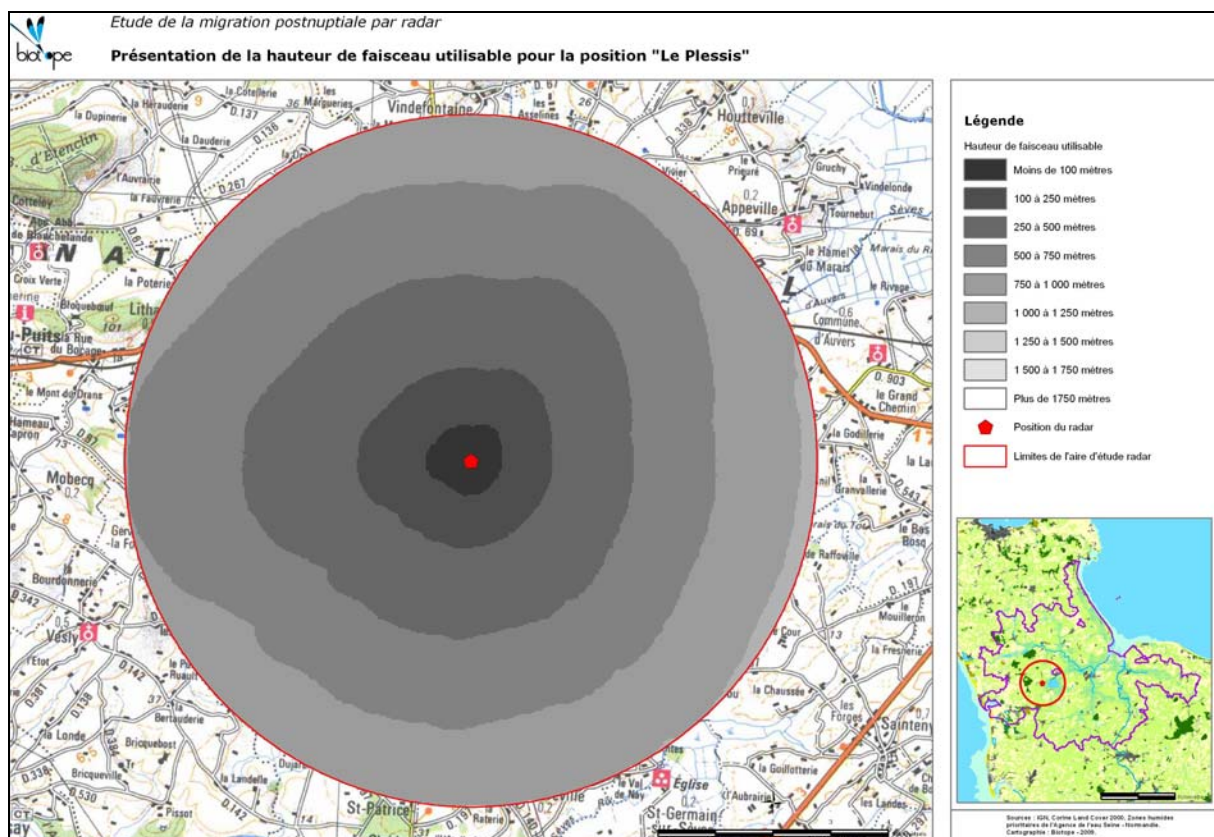
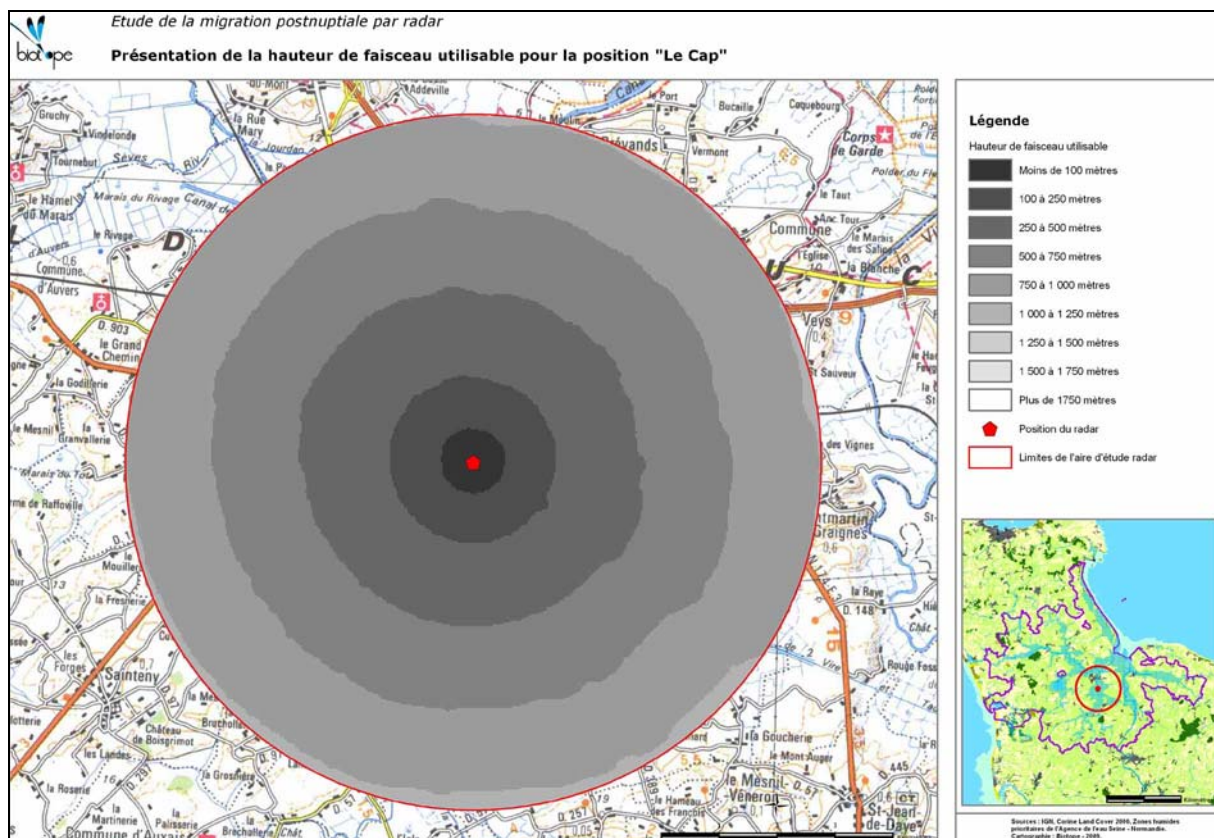
Cette hauteur varie selon le relief et l'éloignement par rapport au radar. Pour être détectée, une trajectoire doit donc se trouver dans le champ du faisceau utilisable.

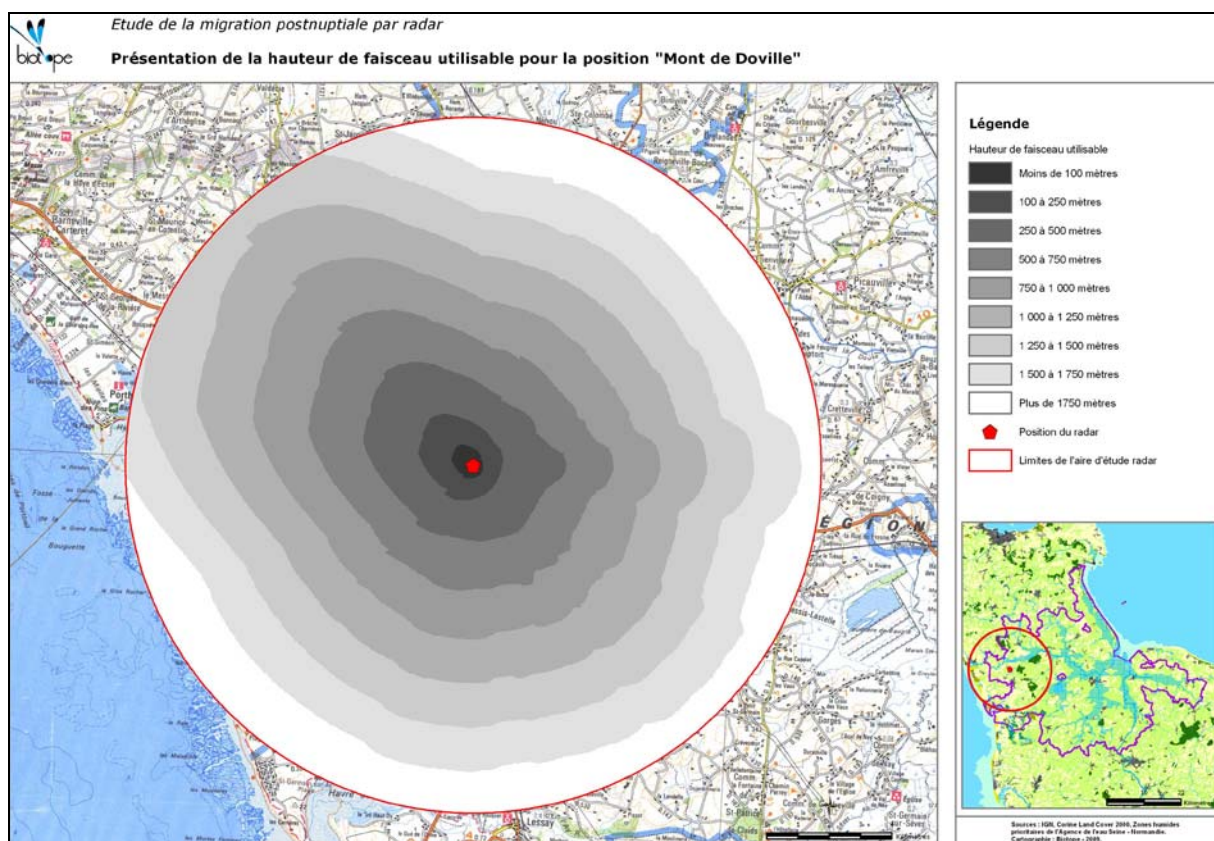
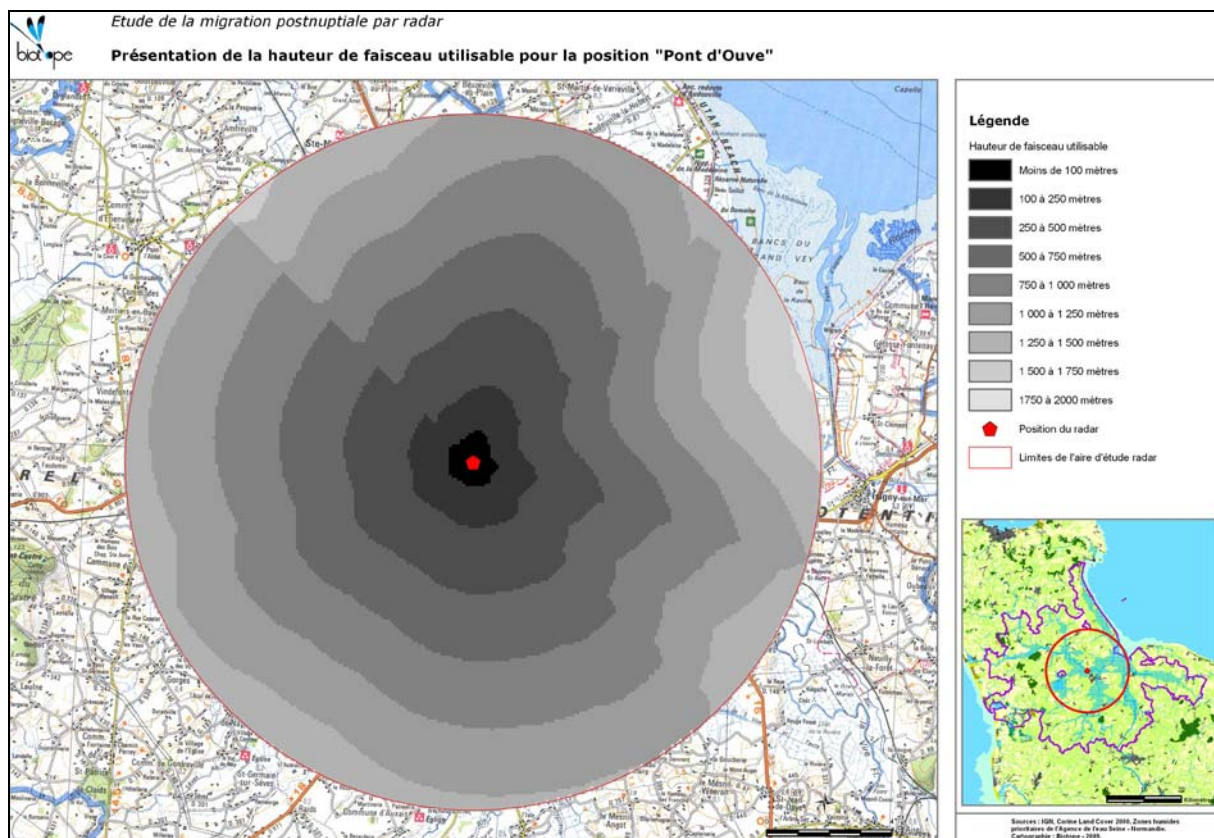


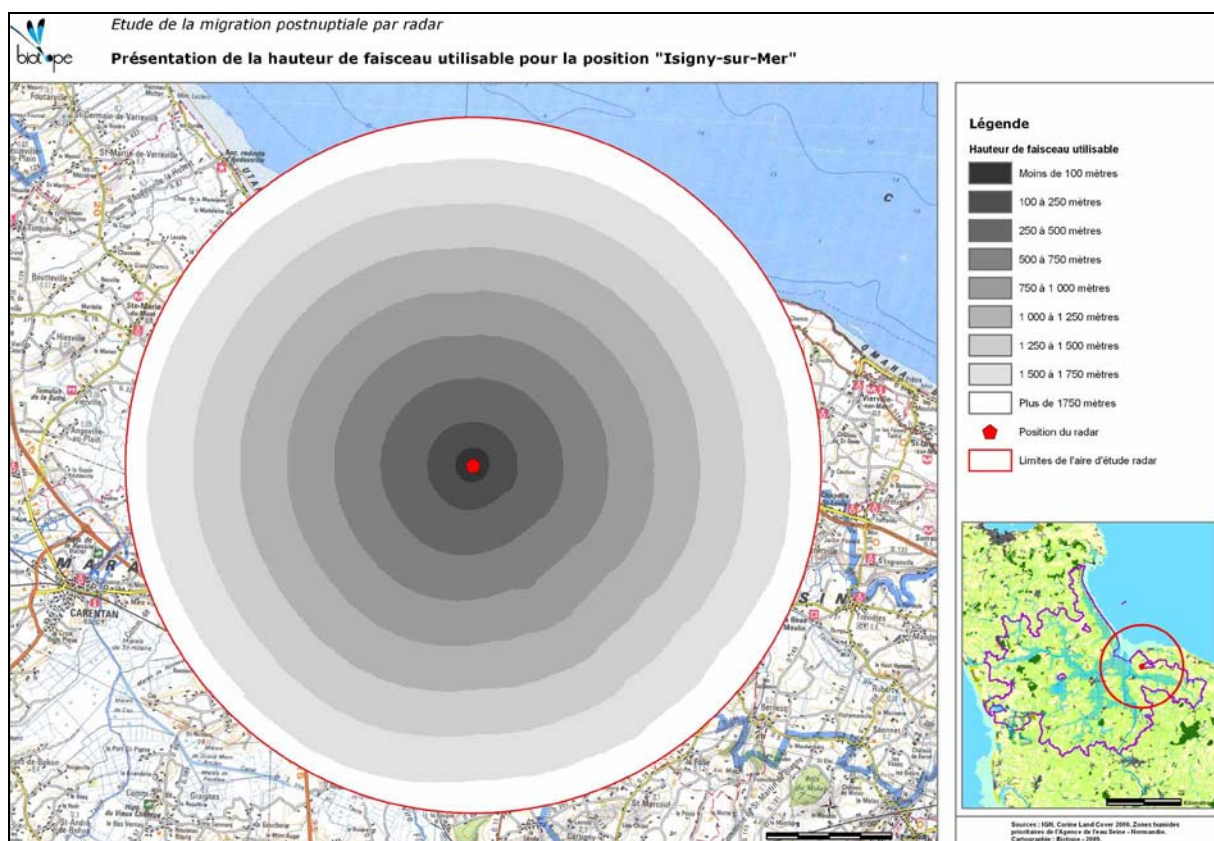
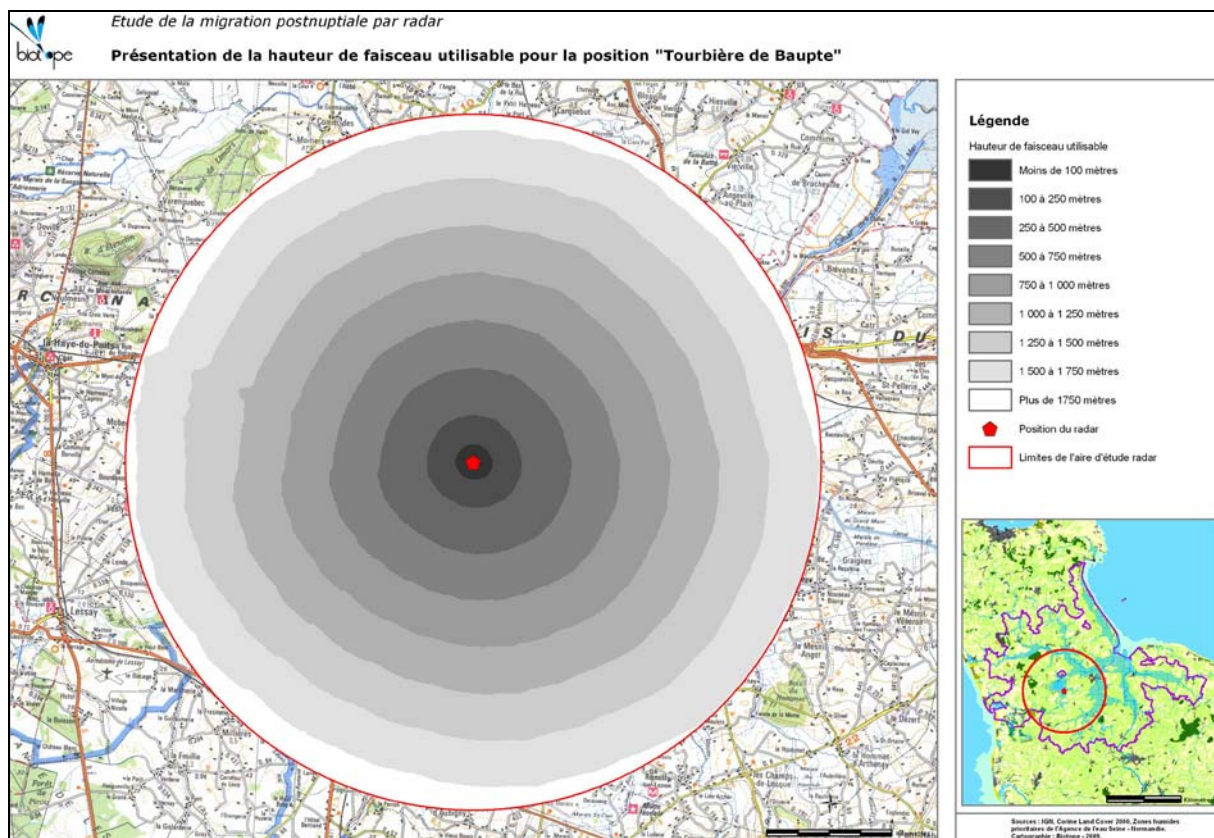
En rouge : zone sans détection

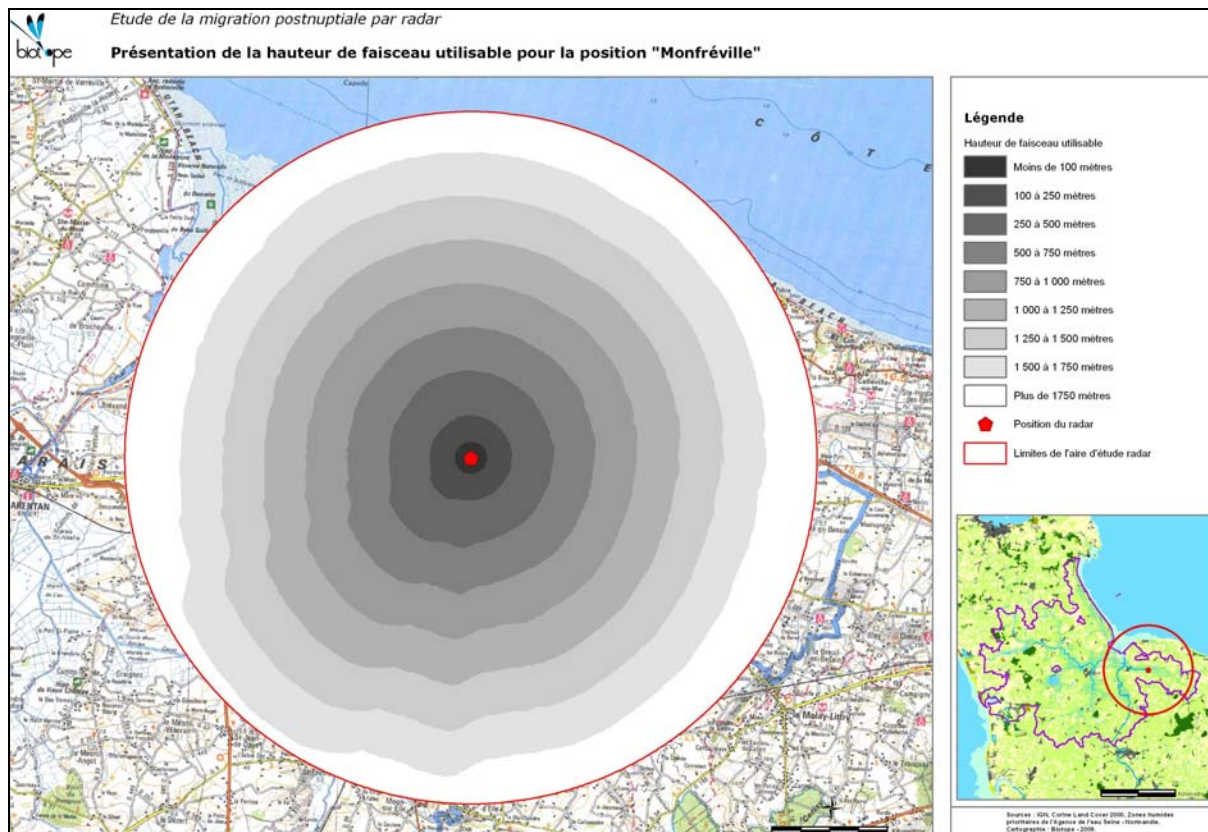
Schématisation des zones « visibles » par le radar

Les deux cartes suivantes présentent les hauteurs de faisceau utilisables pour chaque position du radar.



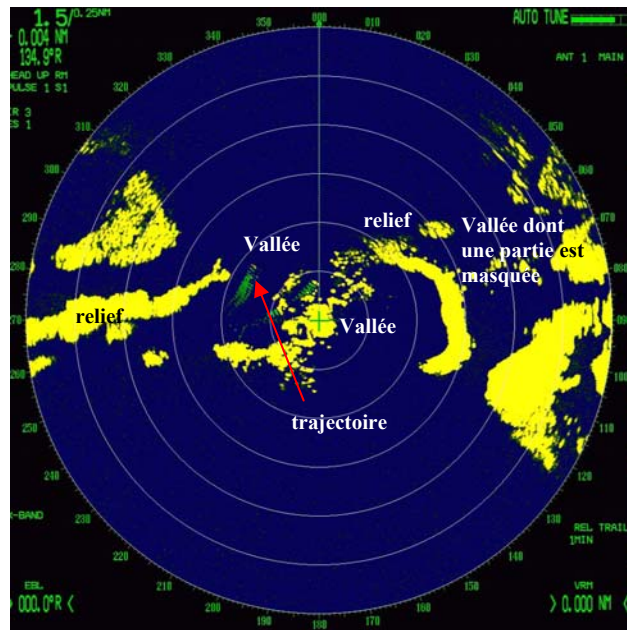






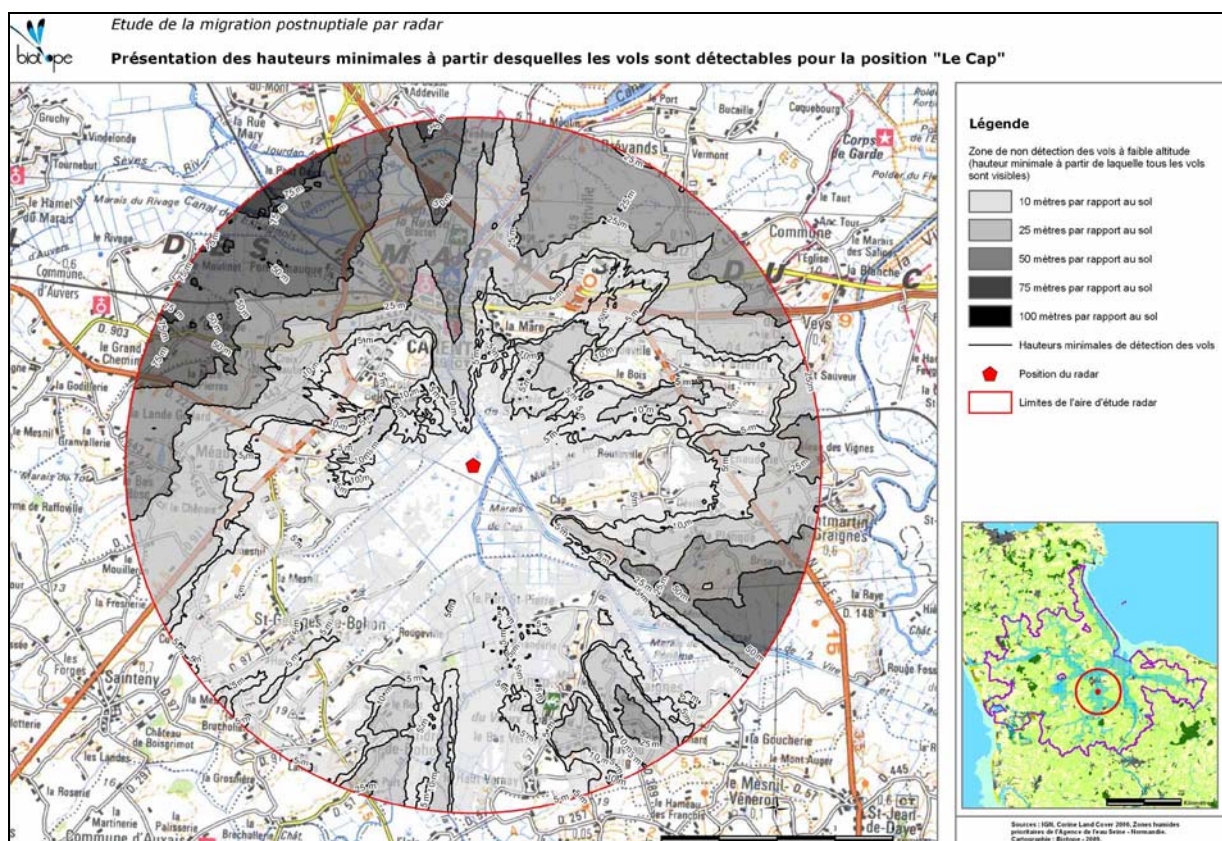
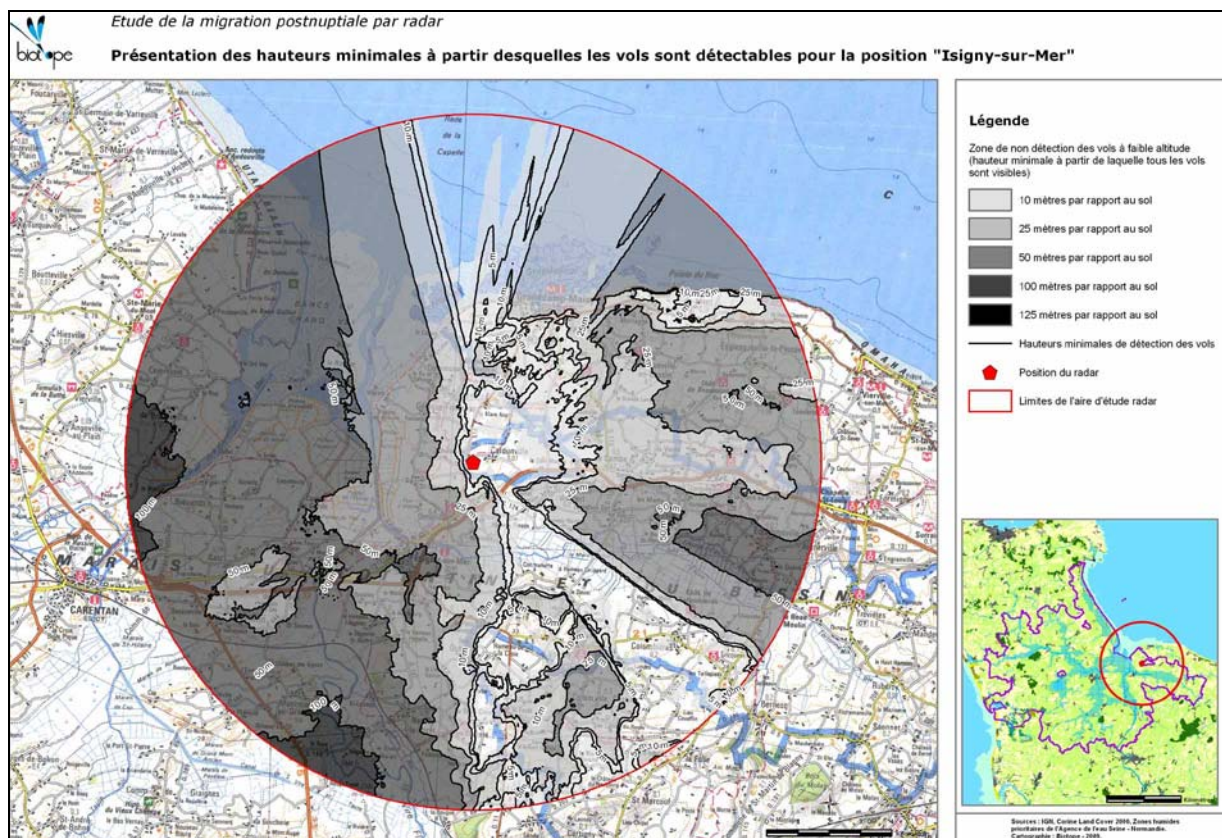
- *Les hauteurs minimales de détection*

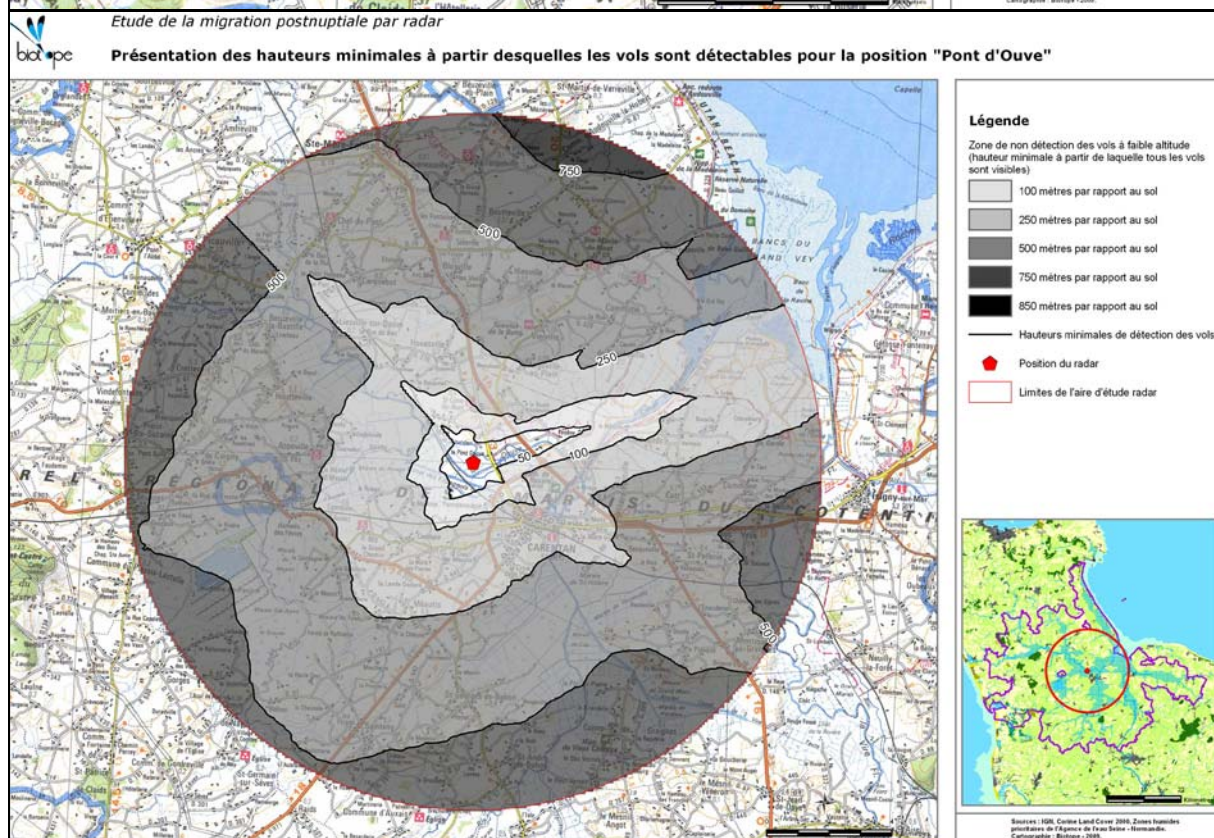
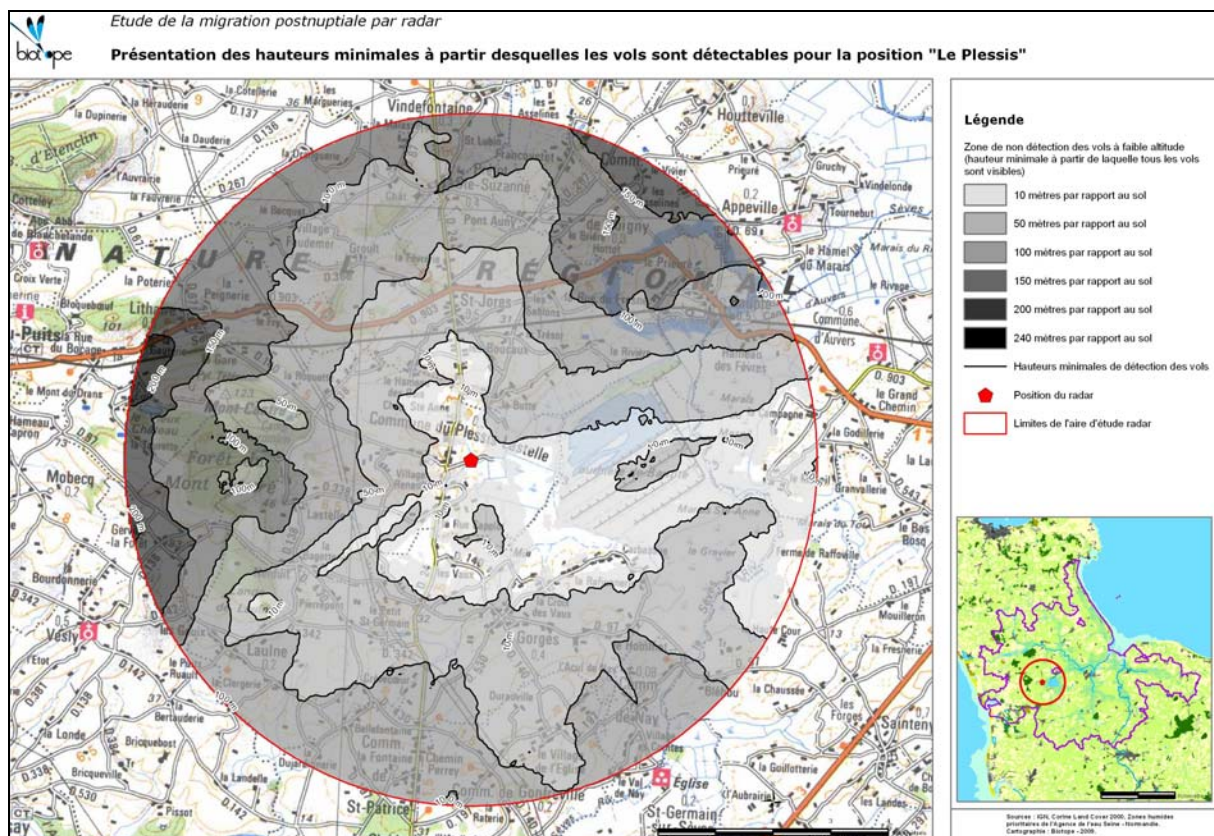
Sur le schéma précédent, le relief (en gris) réfléchit les ondes du radar (en jaune sur l'écran de contrôle) et peut également masquer une partie de vallée (« A » sur le schéma) sans que celle-ci n'apparaisse en jaune à l'écran. Le radar n'a donc pas de visibilité derrière un relief, les ondes étant stoppées par ce relief (voir schéma). Il en découle que les trajectoires survolant cette vallée (dont le fond est invisible pour le radar) doivent être situées au-dessus de la base du faisceau modifié pour être détectées.



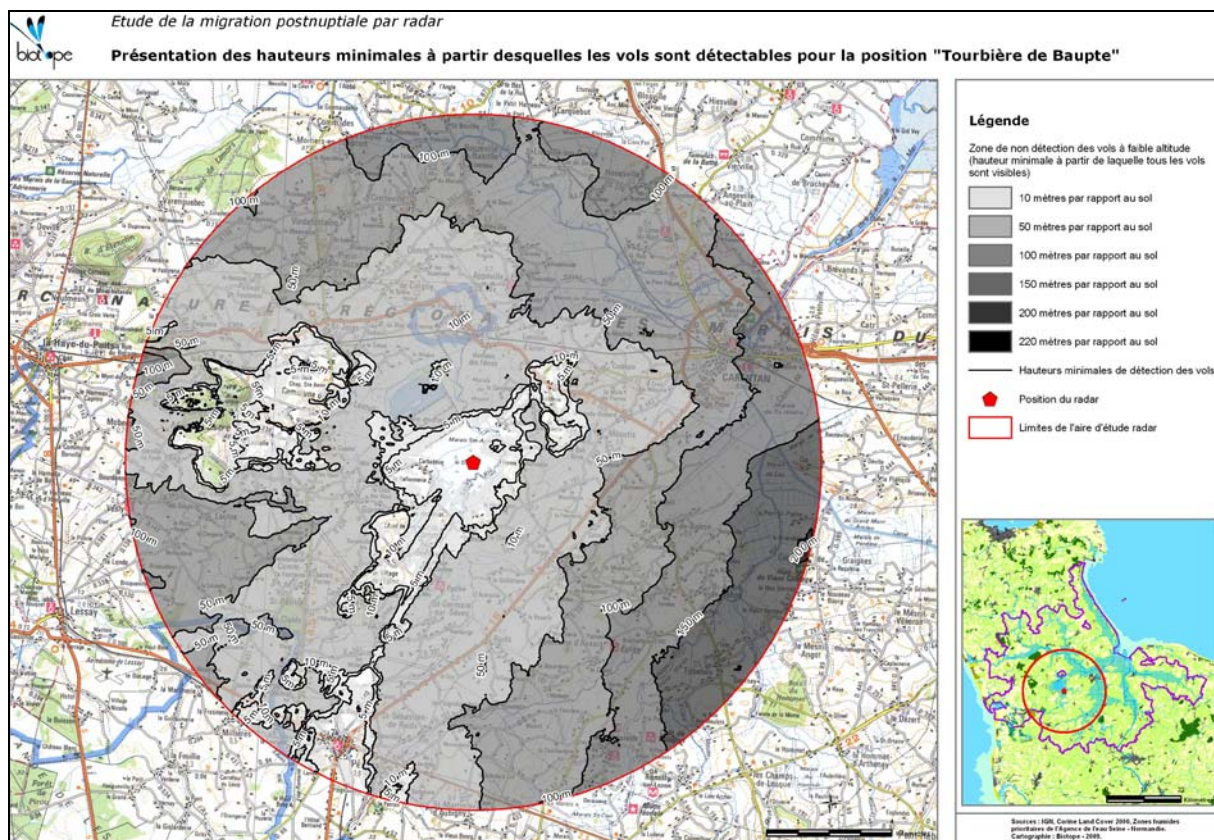
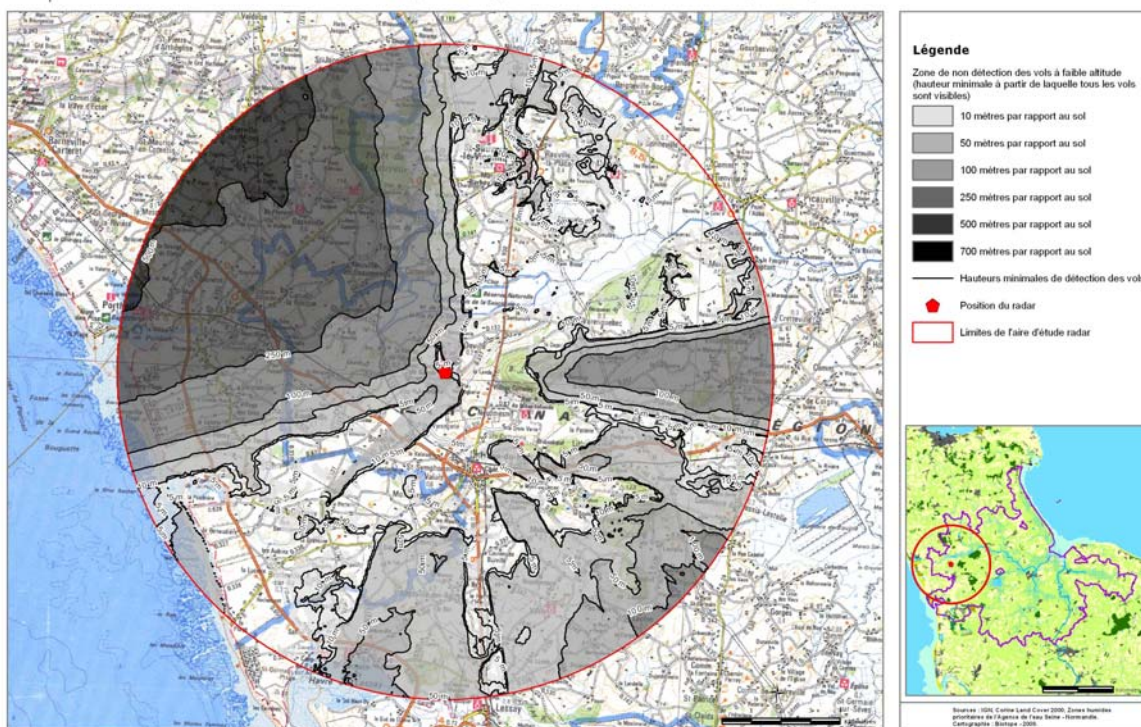
Exemple sur une image radar

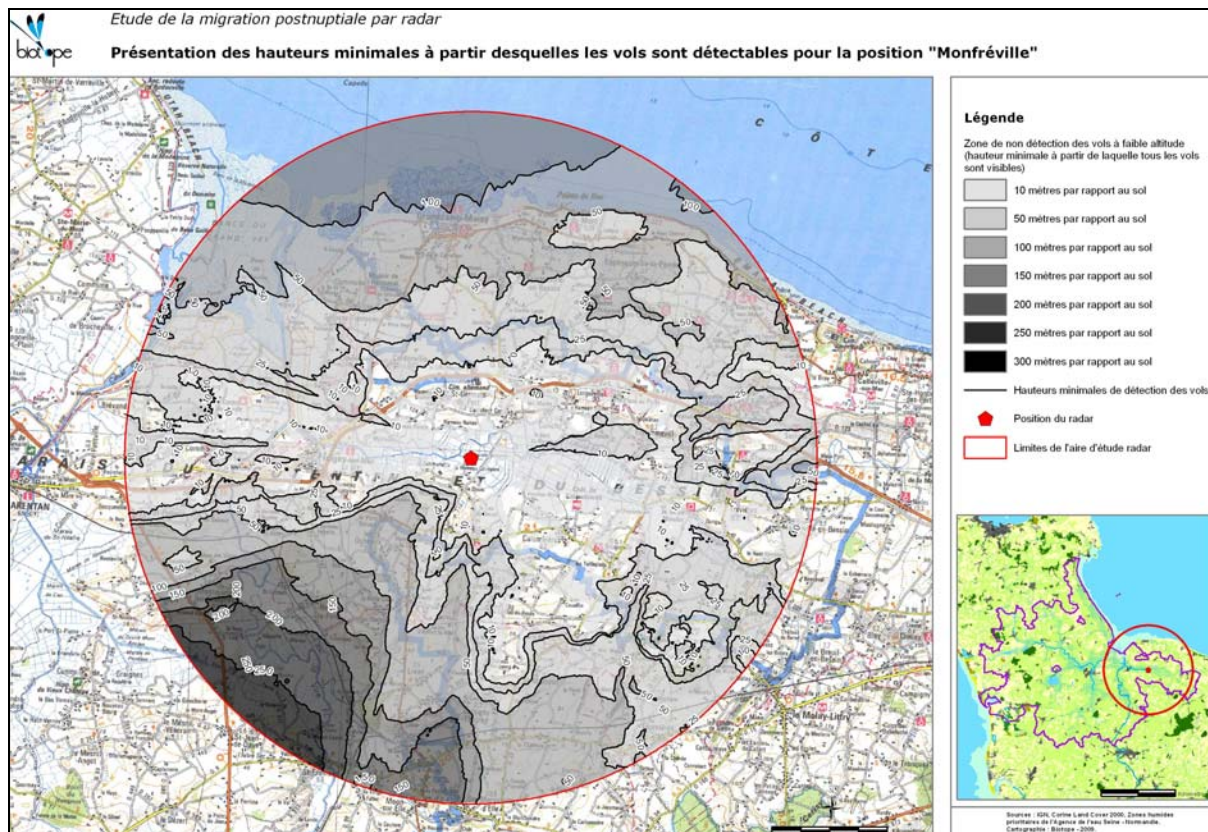
Les cartes suivantes présentent, pour chaque position, les hauteurs minimales à partir desquelles les trajectoires sont détectables.





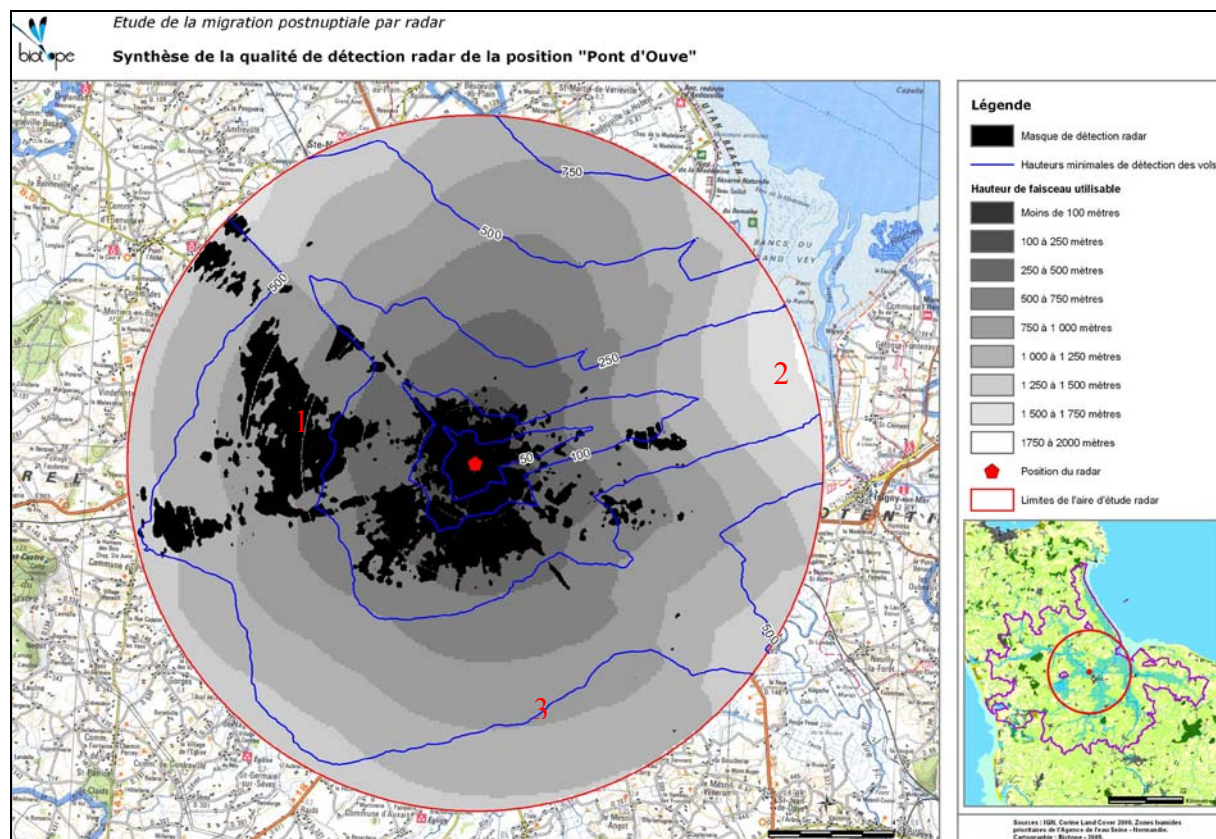
Présentation des hauteurs minimales à partir desquelles les vols sont détectables pour la position "Mont de Doville"





- *Cartes de synthèse de la qualité de la détection*

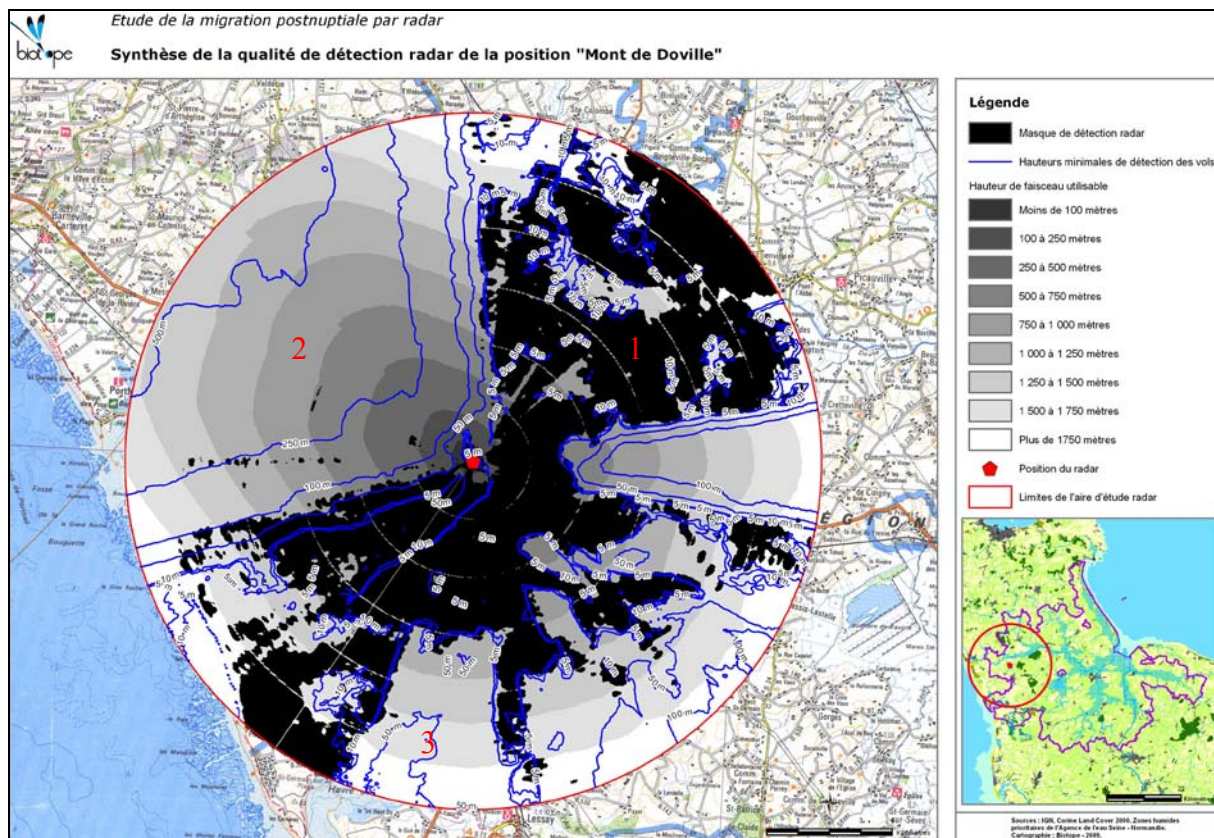
La superposition sous SIG de l'ensemble des paramètres présentés aboutit à l'élaboration d'une carte de synthèse de la qualité de la détection par le radar pour chaque position du radar.



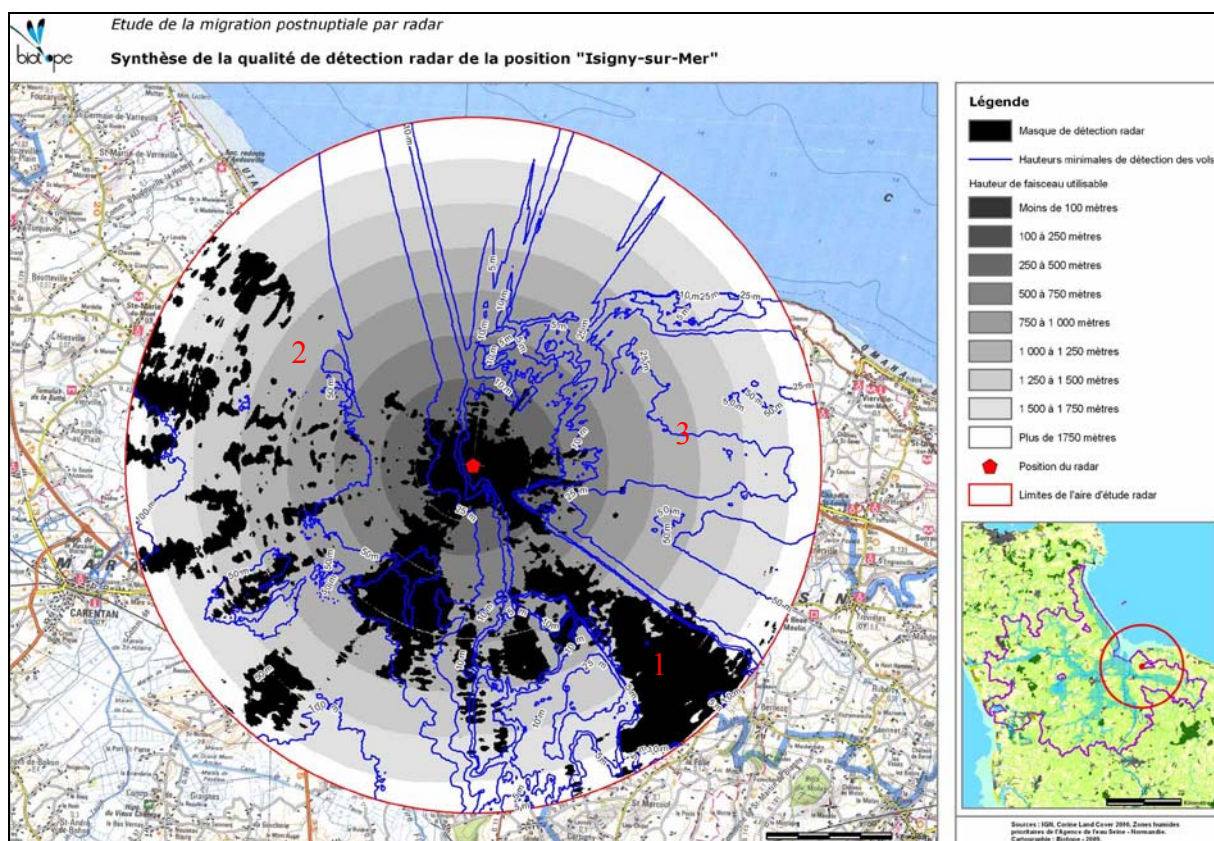
1- pas de détection (« masque » de détection)

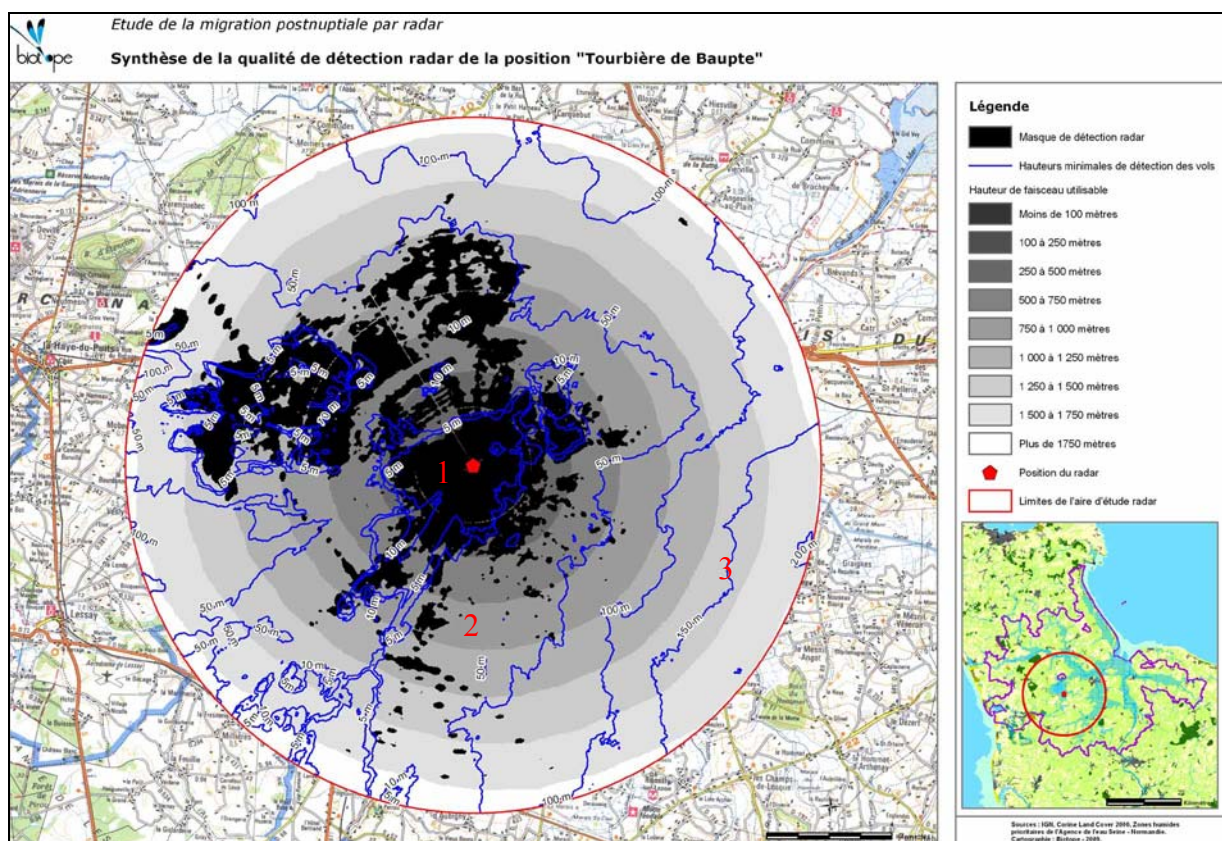
2- toutes les trajectoires qui parcourent le faisceau, qui à cet endroit fait entre 1500 et 1750 mètres d'épaisseur (ou de hauteur utilisable) sont détectées

3- les trajectoires volant à moins de 500 m du sol ne sont pas détectables, toutes les trajectoires à plus de 500 mètres du sol et à moins de 1250 m du sol (750+500) sont détectables.

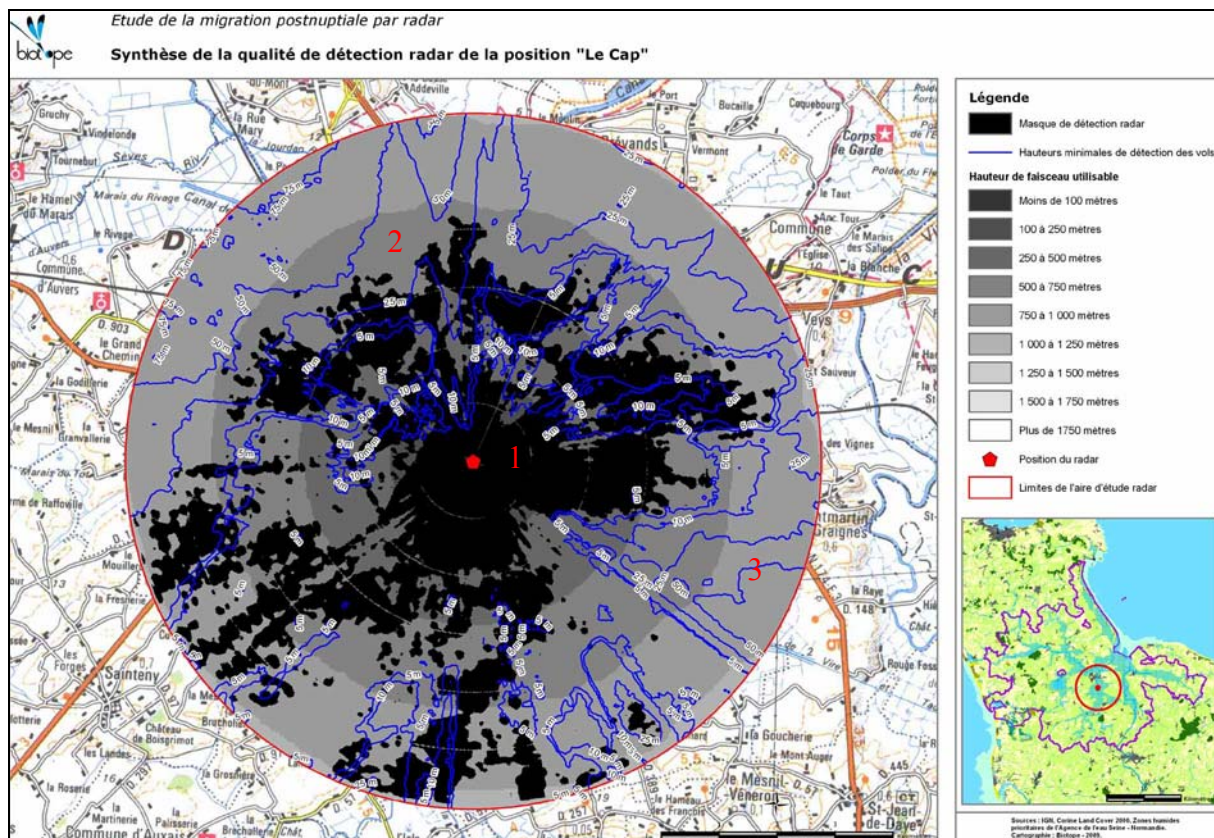


- 1- pas de détection (« masque » de détection)
- 2- toutes les trajectoires qui parcourent le faisceau, qui à cet endroit fait entre 750 et 1000 mètres d'épaisseur (ou de hauteur utilisable) sont détectées
- 3- les trajectoires volant à moins de 50 m du sol ne sont pas détectables, toutes les trajectoires à plus de 50 mètres du sol et à moins de 1550 mètres du sol ($1500 + 50$) sont détectables.

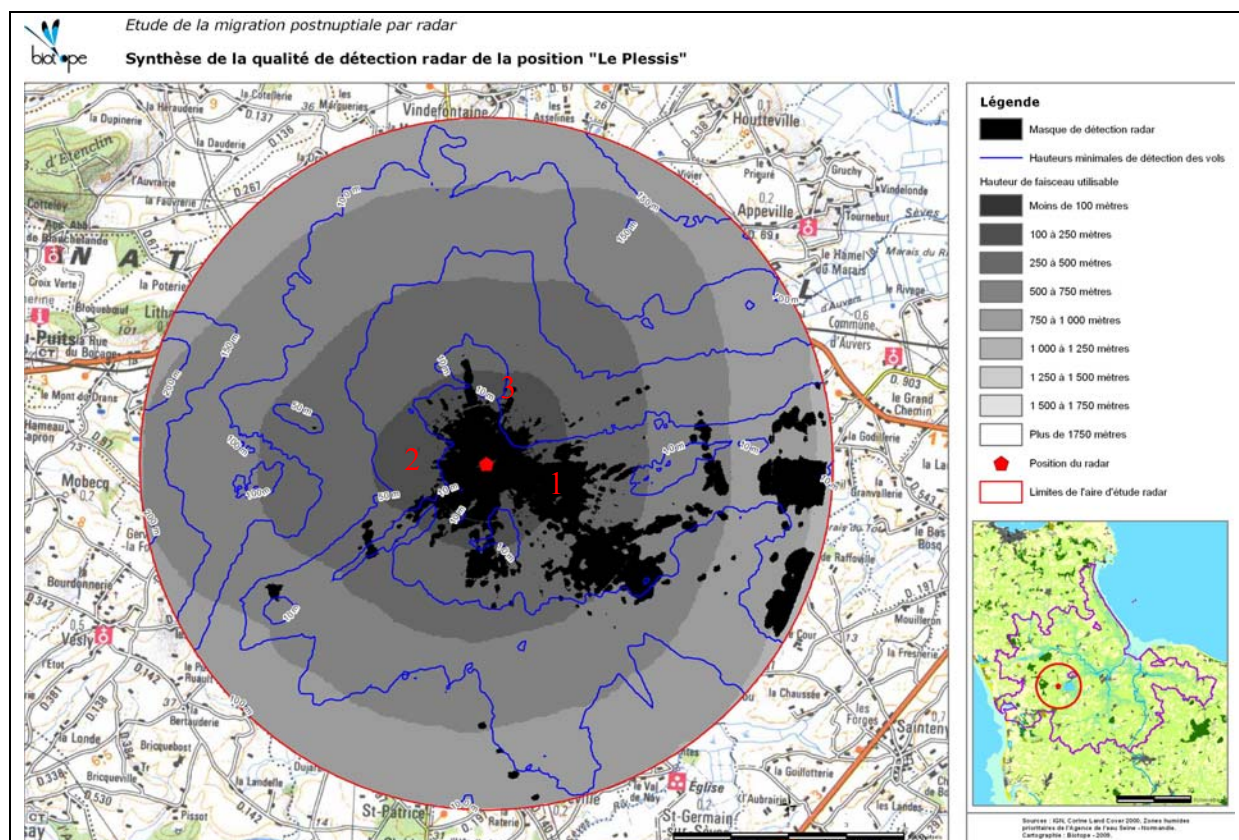




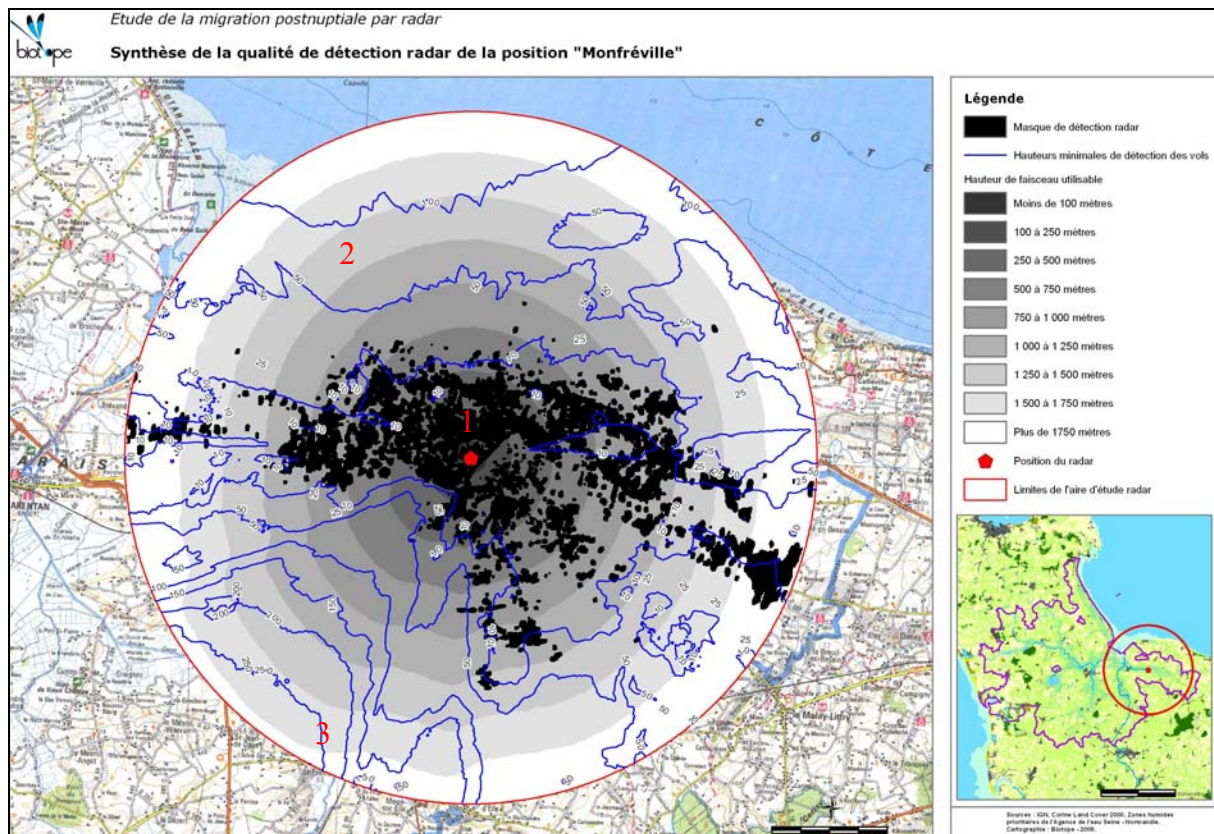
- 1- pas de détection (« masque » de détection)
- 2- toutes les trajectoires qui parcourent le faisceau, qui à cet endroit fait entre 750 et 1000 mètres d'épaisseur (ou de hauteur utilisable) sont détectées
- 3- les trajectoires volant à moins de 150 mètres du sol ne sont pas détectables, toutes les trajectoires à plus de 150 mètres du sol et à moins de 1400 mètre (1250+150) sont détectables.



- 1- pas de détection (« masque » de détection)
- 2- toutes les trajectoires qui parcourent le faisceau, qui à cet endroit fait entre 500 et 750 mètres d'épaisseur (ou de hauteur utilisable) sont détectées
- 3- les trajectoires volant à moins de 50 du sol ne sont pas détectables, toutes les trajectoires à plus de 50 mètres du sol et à moins de 800 mètres (750+50) sont détectables.



- 1- pas de détection (« masque » de détection)
- 2- toutes les trajectoires qui parcourent le faisceau, qui à cet endroit fait entre 100 et 250 mètres d'épaisseur (ou de hauteur utilisable) sont détectées
- 3- les trajectoires volant à moins de 10 mètres du sol ne sont pas détectables, toutes les trajectoires à plus de 10 mètres du sol et à moins de 110 mètres (100+10) sont détectables.



- 1- pas de détection (« masque » de détection)
- 2- toutes les trajectoires qui parcourent le faisceau, qui à cet endroit fait entre 1250 et 1500 mètres d'épaisseur (ou de hauteur utilisable) sont détectées
- 3- les trajectoires volant à moins de 250 mètres du sol ne sont pas détectables, toutes les trajectoires à plus de 250 mètres du sol et à moins de 1750 m (1500+250) sont détectables.