

Université Montpellier II
UFR Sciences
Place Eugène Bataillon
34095 MONTPELLIER Cedex 5

MASTER 2ème ANNEE
BIOLOGIE GEOSCIENCE AGRORESSOURCES ET
ENVIRONNEMENT
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

Rapport de stage



Evaluation du matériel de suivi des animaux
par télémétrie et études préliminaires du
domaine vital des Hippotragues rouans au
sein du Parc Régional du W (Niger)

par Arnaud Augé-Sabatier

sous la direction de Daniel Cornélis et Marie-Noel de Visscher (UR 22 CIRAD) du 01 avril au
15 septembre 2006

et soutenu le 25 septembre 2006

année universitaire 2005-2006

CIRAD-Dist
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE
Baillarguet



Remerciements

Je remercie tout d'abord Pauline et ma famille : ma mère, ma grand-mère, mon oncle, ma tante, ma cousine et sa petite famille pour m'avoir soutenu et motivé dans mes choix.

J'aimerais ensuite remercier ceux qui m'ont aidé tout le long de mon stage et pour qui l'abnégation et l'entre aide est un état d'esprit. Je n'aurais rien pu faire sans eux et leur collaboration et je leur souhaite qu'un jour ce genre d'étude leur sera bénéfique, ce qui ne paraît pas toujours évident.

En commençant par le pays de résidence, je remercie au :

Niger

Issoufou Djeba, guide du parc et responsable de l'association "les amis de la Tapoa", pour m'avoir accueilli comme un frère, pour m'avoir nourri, blanchi pendant une bonne partie de mon stage et pour m'avoir ainsi intégré à la société nigérienne et de ce fait vivre pleins de bons moments.

Fati et Mariama, pour leur cuisine et leur gentillesse, les leçons de Djerma, de cuisine et de savoir-vivre

Hama, pour ses analyses politiques et sociétales perspicaces

Omar Wally, sans qui je n'aurais pu rien faire pour mon stage, pour son abnégation, sa générosité, son honnêteté et sa passion pour son métier de guide ... et sa moto

Hama Tag pour son accueil, sa joie de vivre, son analyse de la relation franco-nigérienne, son abnégation et sa culture

Mahamadou Gibo, pour son aide très précieuse et sa gentillesse

Eric

Boubé ...

et tout le campement forestier-village de la Tapoa et le personnel de l'hôtel

Le conservateur du Parc pour m'avoir permis de réaliser mon stage au sein du Parc

Abdoul Karim Samna, responsable du suivi écologique au Niger, pour sa collaboration et ses discussions très enrichissantes

et tous les forestiers du Parc Régional du W au Niger

Le projet ECOPAS (Ecosystèmes Protégés en Afrique Soudano-Sahélienne)

Burkina Faso

Moumouni Ouédraogo, co-maître de stage, pour m'avoir enseigné le professionnalisme et la botanique, mais aussi la vie africaine et ses joies

et sa famille pour m'avoir accueilli quelques jours

Traoré Adgibou, chauffeur, narrateur, psychologue, africanisateur, diplomate, pisteur, libre penseur, ... et avant tout compagnon de route devant la dure labeur.

Etienne, pour sa musique et ses petits services

Les forestiers du parc du **Burkina** et du **Bénin**

France

Marie Noel de Visscher et Daniel Cornélis, UR 22 CIRAD, pour m'avoir encadré et orienté sur ce stage

Camille Danes, UR 22 CIRAD, pour la cartographie

... et toute la promo du Master 2 Pro PARC.

Résumé

L'Hippotrague rouan ou Antilope rouanne (*Hippotragus equinus*) est une espèce emblématique du Parc Régional du W, parc trans-frontalier du Burkina Faso, Bénin et Niger. Bien qu'abondant en Afrique de l'Ouest, l'Hippotrague rouan y a été peu étudié à ce jour. Point d'inquiétude de gestionnaires, la gestion des populations sauvages dépend largement de la compréhension et de la prédictibilité de leurs besoins en habitat, et de l'évaluation de la qualité des habitats. Pour ce faire, le projet « Mobilité » (ANR) se propose d'étudier les trajectoires individuelles de cette espèce en relation avec les espaces (habitat, superficie,...) utilisés. En phase test de ce projet, deux hippotragues ont été équipées de balises émettrices de type Argos/VHF. L'objectif était d'évaluer les performances de ces deux systèmes de télémétrie et de mesurer l'amplitude des mouvements de ces deux hippotragues entre la fin de la saison sèche et le début de la saison des pluies.

Les tests de matériel ont permis d'identifier les données de localisation et des méthodes de calculs de ces localisations fiables sur des balises fonctionnant régulièrement. Pour le système Argos, seules les classes de localisations dont l'erreur estimée est inférieure à 1 000 m ont été utilisées. Pour le système VHF, les calculs de triangulation sont les plus fiables en utilisant les azimuts calculés à partir de la bissectrice de l'angle formé par les azimuts de minimum de réception

Ces choix d'analyse ont ensuite été utilisés pour calculer les domaines vitaux par deux méthodes, MCP et Kernels. En fonction de leur homogénéité et de leur indépendance, les jeux de données des deux systèmes et les deux méthodes utilisées pour le calcul des domaines vitaux ont été restreints à une échelle spatio-temporelle spécifique. La méthode des Kernels sur les données Argos a fourni des domaines vitaux à l'échelle des trois mois d'étude tandis que la méthode MCP sur les données VHF a permis de préciser des relations plus fines des individus à leur territoire, à l'échelle du mois puis de la journée.

Une première analyse des données a porté sur les domaines vitaux, leur surface (environ 500 ha), leur composition mais également leur positionnement dans l'espace. Au sein des domaines vitaux certaines zones, appelées centres d'activités, font l'objet d'une utilisation plus soutenue. Pour les hippotragues, ce centre d'activité se situe non loin de l'eau, dans des bas-fonds et des collines rocailleuses. Des déplacements importants précèdent l'approche des points d'eau permanents l'après-midi.

Les premières observations montrent une influence de la première pluie sur la surface fréquentée et sur la position des centres d'activités avec un déplacement d'environ 6 km.

Ce travail de stage intégré dans la phase test du projet « Mobilité » a permis d'une part de calibrer le matériel et la fiabilité des données de localisation fournies par les balises. D'autre part, il a apporté les premières informations sur le domaine vital des hippotragues et certains de ses déterminants (topographie, localisation des points d'eau).

Mots-clés : *Hippotrague rouan, Parc Régional du W, Niger, télémétrie, évaluation, trajectoires, domaine vital, balises Argos, système VHF.*

Sommaire

Résumé	3
Sigles et abréviations utilisés	5
Lexique	5
Introduction.....	6
1 Contexte.....	6
2 Problématiques	7
2.1 Cadre théorique.....	7
2.2 Problématiques du stage	8
I Matériel.....	9
1 Matériel de base.....	9
2 Télémétrie.....	9
3 Outil informatique.....	9
II Evaluation du matériel de télémétrie.....	10
1 Méthodes	10
1.1 Principe de fonctionnement	10
1.2 Test des balises Argos	10
1.3 Test des balises VHF	11
2 Résultats	12
2.1 Test des balises Argos	12
2.1.1 Test des balises Argos avant le début du stage (Test 1).....	12
2.1.2 Test des balises Argos durant le stage (Test 2).....	14
2.2 Test des balises VHF durant le stage	16
3 Discussion	17
3.1 Le système ARGOS.....	17
3.2 Le système VHF	18
III Analyse descriptive des déplacements et du domaine vital.....	19
1 Méthodes	19
2 Résultats	21
2.1 Description du jeu de données	21
2.1.1 Conditions climatiques.....	21
2.1.2 Données Argos.....	21
2.1.3 Données VHF.....	21
2.2 Domaine vital et trajectoires	24
2.2.1 Méthode MCP	24
2.2.2 Méthode des kernels	28
2.3 Accès à l'eau.....	29
3 Discussion	32
3.1 Domaine vital et trajectoires	32
3.2 Ecologie.....	32
Conclusion.....	34
Bibliographie.....	35
Annexes	38

Sigles et abréviations utilisés

ANR	:	Agence Nationale de la Recherche (France)
CIRAD	:	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
ECOPAS	:	Ecosystème Protégé en Afrique Soudano Sahélienne
MCP	:	Maximum Convex Polygon
PRW	:	Parc Régional du W

Lexique

Habitat : Ressources et conditions présentes sur une aire permettant son occupation par un organisme donné. Il est donc spécifique à chaque individu et relie la présence d'une espèce aux caractéristiques physiques et biologiques, du milieu.

Domaine vital : Espace plus et moins délimité par un individu dans lequel ce dernier effectue toutes ses activités, qui contient l'ensemble des ressources nécessaires à sa survie et dont la taille est proportionnelle aux besoins requis.

De manière plus formelle, on peut estimer un domaine vital par une distribution d'utilisation, fonction à trois dimensions qui offre une estimation de la possibilité de localiser l'individu à un endroit précis de la zone d'étude, de calculer la surface sur laquelle la probabilité de trouver l'individu équivaut à un seuil de probabilité donné.

Utilisation : Manière dont un organisme utilise ou « consomme » la gamme des composantes physiques et biologiques de son habitat.

Introduction

1 Contexte

L'Hippotrague rouan ou Antilope rouanne (*Hippotragus equinus*), espèce de la famille des bovidæ, est une des plus grandes antilopes après l'éland du Cap (*Taurotragus oryx*). Son aire de répartition s'étend de l'Afrique du Sud jusqu'aux savanes soudano sahéliennes, comprenant en partie les forêts claires sèches du Congo (Belemsobgo, 1996; Heitkonig and Owen-Smith, 1998). Avec l'Hippotrague noir (*Hippotragus niger*), réparti seulement au sud de l'Afrique, il forme la sous-famille des Hippotraginæ. Selon Ansell (1971), seule la sous-espèce *H. e. koba* présente pour la majorité en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Ghana, Bénin, Niger) et principalement au Parc Régional du W (PRW) est valide sur l'ensemble des marqueurs phylogénétiques.

Dans un climat soudano sahélien, le Parc Régional du W (PRW) est une aire protégée transfrontalière de 10 300 km² située à cheval sur le Burkina Faso, le Bénin et le Niger. Elle recèle une grande diversité d'habitats, de la savane arbustive à la savane boisée. Elle comporte un réseau hydrographique à régime le plus souvent non permanent, le long duquel d'étroites galeries forestières se développent.

Lors de sa création, il y environ 50 ans, le PRW était entouré de grandes savanes peu peuplées qui regorgeaient de faune. Son classement avait été établi dans le but de garantir la préservation d'un noyau central pouvant assurer la sauvegarde de la faune. La situation qui prévalait alors a notablement changé : une succession de sécheresses, conjuguées à l'augmentation de la pression anthropique (avancée du front agricole, braconnage, élevage transhumant, ...) ont entraîné une dégradation significative des habitats et des populations fauniques autour et dans le PRW. Aujourd'hui, avec moins de 4 animaux au km², les grands herbivores sauvages du PRW ont été globalement réduits à moins de 20% de leur effectif d'antan (Rabeil, 2003). Depuis 2001, le PRW fait l'objet d'un soutien financier de l'Union Européenne (programme ECOPAS), et les effectifs de grande faune semblent en voie de reconstitution. En complément et en cohérence avec cet important programme de conservation, un projet de recherche dénommé « Mobilité » financé par des fonds français (ANR) associant le CIRAD, le CNRS et l'INRA a démarré en 2006 pour étudier la mobilité des grands herbivores

Emblématique du PRW, l'Hippotrague rouan est sans conteste l'une des espèces de grands mammifères les plus abondantes et des plus faciles à observer (Lamarque, 2004).

L'effectif d'Hippotrague est considéré comme stable (Rabeil, 2003). Chardonnet & Chardonnet (2004) publient récemment des chiffres positifs : 1 381 (0,77 à 1,5 individu au km²) Hippotragues rouans sur la totalité du parc.

Bien qu'abondant en Afrique de l'Ouest, l'Hippotrague rouan y a été peu étudié à ce jour. La diversité des habitats rencontrés en Afrique et le nombre important de sous-espèces ne permettent pas d'extrapoler les résultats d'études souvent réalisées dans d'autres régions et ainsi de les appliquer à l'écosystème du W. De plus, les conclusions des études sont souvent contradictoires en ce qui concerne sa tolérance pour des milieux de mosaïques entre savane ouverte, arbustive ou arborée ou en zones arides ou dégradées ou même en ce qui concerne les modalités d'accès à l'eau (Bothma, 2002; Lamarque, 2004).

Au niveau du PRW, seuls des ouvrages anciens (Poché, 1974) synthétisent l'écologie de cette espèce.

De plus, la connaissance de la distribution est parcellaire dans la mesure où les suivis se sont concentrés uniquement sur certaines zones et sans tenir compte des aires protégées associées (zones de chasse, réserve totale).

Il semble donc nécessaire d'établir une base de connaissances des modalités de la distribution spatio-temporelle des hippotragues pour comprendre la stratégie d'utilisation de l'écosystème et définir des unités spatiales de gestion cohérentes.

2 Problématiques

Une gestion efficace de populations sauvages dépend largement de la compréhension et de la prédictibilité de leurs besoins en habitat, et de l'évaluation de la qualité des habitats. Le fait que très peu d'informations sur l'écologie du milieu et des espèces soient connues reflète souvent un point d'inquiétude de gestionnaires d'aires protégées. Dans le cas du W, le plan d'aménagement 2006-2010 prévoit par exemple, l'implantation de nouveaux points d'eau, d'infrastructures pour optimiser les habitats, la surveillance du parc et sa valorisation par le tourisme. Pour ce faire, des informations plus complètes sur les relations des populations d'espèces emblématiques à leurs territoires sont nécessaires.

La télémétrie est une technique très utilisée pour l'étude des mécanismes qui régissent les déplacements des animaux. En plaçant des colliers munis de balises émettrices sur des animaux, il est possible de relever et de décrire des paramètres écologiques, tel les déplacements, les aires occupées et leur centre d'activité (White and Garrott, 1990).

2.1 Cadre théorique

L'espace est un facteur de structuration des populations déterminant dans la distribution et l'abondance de certaines espèces ((Bender *et al.*, 1998). La connectivité (Taylor *et al.*, 1993) du paysage est aussi un facteur structurant des populations par son influence sur les possibilités de mouvement des animaux. A l'échelle de la population, les individus sont alors distribués en fonction de la structure de l'habitat et de la complexité du paysage, formant des sous-unités plus ou moins discontinues avec un fonctionnement de type métapopulations (Levins, 1970).

La majeure partie des études de sélection de l'habitat s'est concentrée sur les domaines vitaux, leur surface, leur composition mais également leur positionnement dans l'espace (Mysterud *et al.*, 2001). Au sein des domaines vitaux certaines zones font l'objet d'une utilisation plus soutenue, appelées noyaux (Samuel *et al.*, 1985). Les stratégies d'utilisation des habitats, des domaines vitaux et de leur noyau, sont étroitement liées à la capacité d'adaptation des individus, ce qui en fait un paramètre fondamental de l'analyse des traits d'histoire de vie.

Les écosystèmes concernés par le projet « Mobilité » sont soumis à des facteurs abiotiques et biotiques susceptibles d'engendrer de fortes hétérogénéités dans la distribution et la qualité des ressources clés (Illius and O'Connor, 2000). Les forts gradients pluviométriques ou de température en fonction de la pente, de la latitude de l'altitude, l'effet des feux de végétation (Daget and Godron, 1995) sont une partie de ces paramètres clés. De fait, les populations d'herbivores sont dépendantes de ce fractionnement de l'espace mais doivent également organiser leurs mouvements en fonction de la disponibilité en eau durant la saison sèche.

L'hétérogénéité spatiale conditionne l'attitude des gestionnaires et la maîtrise des densités fauniques, les mouvements d'animaux pouvant être encouragés par l'ouverture et la fermeture contrôlées des points d'eau, en combinaison avec un programme de brûlis (Bothma, 2002).

2.2 Problématiques du stage

La technique la plus utilisée pour étudier la relation entre la faune sauvage et son territoire est la télémétrie (ou "radio-tracking"). La télémétrie est une technique pour acquérir des informations à propos d'un animal à travers des balises situées sur l'animal lui-même. La caractérisation de la mobilité est donc une phase de recueil des données de localisation successives des individus suivis par balise (Mech and Barber, 2002).

Dans la phase test du projet « Mobilité », le CIRAD a organisé, dans la partie nigérienne du PRW, une mission de capture pour poser quelques colliers équipés d'une balise Argos et d'un émetteur VHF. Deux hippotragues ont été ainsi suivis pendant trois mois, du 1^{er} avril au 30 juin, sur le terrain grâce à la balise VHF et par l'intermédiaire du satellite grâce à la balise Argos.

Le système Argos couplé au système VHF constitue une double fourniture de données et permet ainsi de bénéficier des avantages des deux systèmes. Argos est moins précis mais très utile sur des zones aussi vastes (pour retrouver les individus équipés) et l'instantanéité de ses données (via Internet) permet d'entamer plus rapidement un travail d'analyse simple en temps réel avec les gestionnaires/conservateurs (Mech and Barber, 2002). La VHF est à la fois plus précise et capable de relever un très grand nombre de points indispensables à l'analyse des trajectoires mais s'avère être une méthode plus ou moins intrusive et entraîne une forte mobilisation des ressources humaines sur le terrain (Janeau, 1998).

Cependant, Mech & Barber (2002) soulignent la différence de précision entre les balises issues de différentes firmes de constructeurs et l'importance d'un test adapté à l'étude concernée (White and Garrott, 1990).

Il a donc été nécessaire d'organiser une phase d'évaluation du matériel :

- de suivi par Argos pour vérifier a priori le fonctionnement de ces balises en conditions optimales (sans obstruction du couvert végétal) et dans le milieu dans lequel elles devraient évoluer par la suite et de déterminer la précision des localisations fournies et un possible effet de la végétation sur celle-ci.

- de suivi par VHF pour vérifier le biais et la précision des localisations (azimuts) obtenues. La méthode de triangulation donne la possibilité de pouvoir estimer les erreurs de localisation à partir des relevés terrain. Cependant, il faut avant tout tester les erreurs angulaires occasionnées sur les relevés d'azimuts selon des paramètres souvent répertoriés comme sources de biais ou d'imprécisions (White and Garrott, 1990).

Cette précision faite, il a été possible de reporter les localisations issues des deux bases de données, VHF et Argos, sur des cartes topographiques et de souligner les coïncidences spatio-temporelles des déplacements de l'Hippotrague rouan à l'intérieur d'un domaine vital, comme les emplacements des centres d'activités, l'impact des pluies et l'accès à l'eau. Une fois ces questions résolues, le croisement de données de localisation fournies par les colliers posés sur animaux via Argos et par l'émetteur VHF permet de visualiser une surface occupée par l'animal sur une période donnée, qu'il soit actif ou non. Le couplage des données Argos avec un pas de temps de relevés tous les trois jours, et en complément des données VHF plus intensives (toutes les deux heures) sur quelques jours par mois permet de travailler à deux échelles de mobilité.

L'objectif de cette phase test du projet Mobilité était de mesurer l'amplitude des mouvements de quelques hippotragues et d'évaluer à la fois les performances du matériel de télémétrie et la faisabilité des captures de buffles et d'hippotragues. Mon stage a porté plus particulièrement sur l'évaluation des performances du matériel et des domaines vitaux pendant la fin de la saison sèche et le début de la saison des pluies 2006 sur deux hippotragues équipés de collier émetteur.

I Matériel

1 Matériel de base

Le matériel de base comprend des objets utiles aux relevés de données géographiques de terrain. Celui-ci comprend :

- Carte IGN, pour repérer les pistes à emprunter et le territoire à parcourir,
- GPS Garmin, pour obtenir les coordonnées de localisations, telles que la position de collier lors de test ou la position de laquelle l'azimut est relevé lors de la triangulation VHF,
- Boussole à visée directe, pour obtenir les azimuts à partir de la réception d'un signal VHF,
- Fiches de relevés et/ou Pocket PC avec un programme de saisie des données (CyberTracker).

2 Téléométrie

Deux systèmes de téléométrie ont été utilisés :

- le système VHF, utilise les ondes magnétiques haute fréquence (100 à 140 MHz)
- le système Argos, système mondial de localisation et de collecte de données par satellites réservé à l'étude et à la protection de l'environnement

Les systèmes de suivis sont fixés sur un collier en cuir à la dimension du cou de l'animal (Annexe 1).

Un système de suivi par téléométrie se compose d'un sous-système d'émission incluant un émetteur, une batterie et une antenne émettrice, le tout inséré dans un collier en cuir posé sur l'animal. Le sous-système de réception dans le cas de la VHF inclut une antenne mono-directionnelle (antenne « yagi »), un récepteur de signal avec deux types d'indicateurs de réception, sonore et visuelle, et une batterie. Le récepteur possède un clavier numérique pour entrer les fréquences nécessaires à l'identification individuelle.

Dans le cas du système Argos le sous-système de réception est constitué de 4 satellites en orbite terrestre basse relayés par des stations terrestres et des centres de traitement Argos dont les résultats sont consultables sur le site Web d'Argos sous conditions de paiement d'un abonnement.

3 Outil informatique

Le traitement des données a été réalisé à l'aide de programmes informatiques :

- LOAS « Location Of A Signal » pour la triangulation, permet de calculer les localisations par l'intermédiaire des azimuts relevés par l'intermédiaire de la balise VHF. Le programme se base sur les calculs de triangulation. Il donne une estimation des coordonnées de la localisation de l'émetteur et intègre un calcul basé sur le maximum de vraisemblance selon les estimateurs de Andrews et Hubert pour donner les paramètres (aire, axes majeurs et mineurs) d'une ellipse d'erreur à 95% supposée contenir la localisation réelle (Garrot *et al.*, 1986).
- Arc View 3.2 avec les extensions Animal Movement et Spatial Analyst, pour la visualisation des localisations et les calculs des déplacements et du domaine vital.
- Excel avec le macro-programme XLStat (Addinsoft, 1995-2006) comme logiciel de statistique pour la visualisation de la distribution des données et le calcul des tests statistiques.

II Evaluation du matériel de télémétrie

1 Méthodes

1.1 Principe de fonctionnement

Les deux systèmes ont fourni deux types de données :

- localisations successives à intervalles de temps court (heures) et collectées en temps réel par radio VHF à partir du sol sur les bases de la triangulation.

- localisations en temps réel collectées par satellite via le système Argos, soit une localisation par heure pendant six heures deux fois par jour tous les trois jours. Les plages horaires retenues sont 0 à 6 h et 12 à 18 h.

1.2 Test des balises Argos

Un premier test (Test 1) s'est déroulé au Burkina Faso sur 5 balises Argos que le CIRAD a acheté à la firme Vectronic. Ces balises ont été configurées par le constructeur pour émettre à intervalles de trois jours. Deux balises dont le test était concluant ont été posées sur des hippotragues. Ainsi il nous a été permis de tester à nouveau (Test 2) le fonctionnement des 3 balises Argos restantes en milieu réel et dans des types de végétation différents.

Test 1

Pour ce faire, les cinq balises ont été activées au Burkina Faso durant 14 jours, du 24 février au 09 mars 2006 (50 km au Sud de Ouagadougou). Après activation, elles ont été posées sur les toits en chaume d'une exploitation agricole, et n'ont pas été déplacées durant toute la période de test. La position de chaque balise a été prise au moyen d'un GPS Garmin 72 (précision de localisation d'environ 15 mètres). Les localisations Argos ont ensuite été récupérées par Internet et traitées à Montpellier. La précision des localisations fournies par Argos a ensuite été comparée aux localisations GPS de référence.

Test 2

Pour ce faire, les trois balises qui n'avaient pas été posées sur des hippotragues lors de la mission de capture ont été activées dans le Parc Régional du W au Niger durant des périodes définies et des types de végétation variables (

Tableau 1).

Tableau 1. Paramètres du test 2 des balises Argos.

Ref balise	Date du début du test	Date de fin du test	Nb Jours	Type de végétation du site de test
57103	24/05/2006	17/06/2006	24	Savane arbustive très claire
57106	24/05/2006	07/06/2006	14	Foret galerie
57107	24/05/2006	17/06/2006	24	Savane arbustive dense

Après activation, elles ont été posées dans un arbre et n'ont pas été déplacées durant toute la période de test. La position de chaque balise a été prise au moyen d'un GPS Garmin 72 (précision de localisation d'environ 15 mètres).

Les localisations Argos ont ensuite été récupérées par Internet à Montpellier. La précision des localisations fournies par Argos a ensuite été comparée aux localisations GPS de référence.

1.3 Test des balises VHF

La sensibilité et la précision du système VHF ont été évaluées dans les mêmes conditions que le test 2 des balises Argos. Pour ce faire, la réception a été testée en s'éloignant de la balise selon un axe de marche précisé, et sur un pas de distance prédéterminé. A chaque point on a relevé (1) l'azimut direct, c'est-à-dire celui pour lequel on obtient une intensité maximale du signal, (2) les azimuts gauche et droit de l'angle que forme la réception du signal lorsqu'on en cherche les limites d'extinctions et (3) le type et l'intensité du signal au maximum de réception du signal – le type correspond à visuel ou sonore, sachant que les deux signaux sont simultanés jusqu'à une certaine distance de l'émetteur. Il s'est par contre avéré que seule l'intensité du signal visuel est mesurable grâce au nombre de traits apparaissant sur l'écran du récepteur.

Les tests ont été réalisés pour trois types de végétation :

- en brousse tachetée sur un pas de distance de 250 m puis de 500 m
- en forêt galerie sur un pas de distance de 1 000 m
- en savane arbustive dense sur un pas de distance de 1 000 m

Les statistiques et comparaisons effectuées concernent la différence entre l'azimut relevé et l'azimut 'vrai' (azimut qui aurait dû être enregistré) appelée erreur angulaire (Janeau, 1998) et dénommé ici « Erreur ».

Les résultats ont été analysés avec le logiciel XLStat macro-programme du logiciel Excel. Ainsi on peut appliquer un test de Student, pour tester l'écart de la distribution des erreurs de l'échantillon par rapport à une moyenne théorique, ici égale à 0. Ensuite un test de comparaison des distributions des échantillons par type de végétation permet de décrire le caractère exceptionnel de certains échantillons et observer un effet type de végétation sur la variable 'erreur'. Le test de Kruskal et Wallis semble être le plus robuste des tests non paramétriques (Blanc, 97-07) appuyé par un test des rangs de Dunn pour connaître les paires qui sont significativement différentes. Enfin un test de corrélation de Pearson permet de mesurer une possible corrélation entre variables, notamment erreur-distance parcourue et erreur-intensité du signal.

2 Résultats

2.1 Test des balises Argos

A chaque localisation fournie par le service Argos est associée une estimation de précision appelée « classe de localisation ». Celle-ci dépend de la qualité du signal. Le Tableau 2 issu du site Web Argos fournit la précision estimée de chacune des classes.

Tableau 2. Classes de localisation et précision estimée (ex site Web Argos)

Localisation	Classe	Précision estimée en latitude et en longitude
Standard :	3	précision < 150 m
(au moins 4 messages reçus	2	150 m < précision < 350 m
durant le passage satellite)	1	350 m < précision < 1000 m
	0	> 1000 m
Service Plus (moins de 4 messages)		
• 3 messages reçus	A	pas d'estimation de précision
• 2 messages reçus	B	pas d'estimation de précision
• localisations invalides	Z	pas d'estimation de précision

2.1.1 Test des balises Argos avant le début du stage (Test 1)

Comme le montrent le Tableau 3 ci-dessous et le tableau détaillé en annexe 2, un total de 93 localisations Argos ont été obtenues.

Les localisations dotées d'une estimation de précision (classes 1, 2 et 3) représentent **28%** (n=26) du total. La classe 0 n'apparaît que pour deux localisations.

Le Tableau 3 montre également que le nombre total de localisations n'est pas équitablement distribué entre les balises, celui-ci variant entre **8 et 25**. Le tableau en annexe 2 montre en outre qu'une des 5 balises (n° 57103) n'est pas en phase avec les 4 autres, c'est-à-dire qu'elle n'émet pas le même jour.

Les résultats montrent également que les balises fonctionnaient toutes selon le cycle programmé, c'est-à-dire un jour sur trois. Néanmoins, seules les balises 57104, 57105 et 57106 n'ont présenté aucun défaut du cycle. Alors que ces dernières ont fourni 4 cycles de localisations en 14 jours, les balises n° 57103 et 57107 n'en ont respectivement fourni que 3 et 1.

La distribution des localisations du tableau de l'annexe 2 montre également que quasiment tous les cycles de localisation des balises 57104, 57105 et 57106 comportent des données de classe 1, 2 ou 3. C'est également le cas des balises 57103 et 57107 lorsque cycle il y a.

Tableau 3. Nombre de localisations obtenues par classe de localisation et par balise

Classe de localisation	Balise n°					Total	%
	57 103	57 104	57 105	57 106	57 107		
B	5	7	14	5	6	37	40%
A	4	6	7	11		28	30%
0				1	1	2	2%
1	1	3	1			5	5%
2	2	3	2	6	1	14	15%
3	1	4	1	1		7	8%
Total	13	23	25	24	8	93	100%

Ces 93 localisations Argos ont été comparées à la localisation de référence fournie par le GPS.

La différence de localisation a créé un paramètre 'erreur' dont on peut analyser les distributions dans des tableaux de contingence.

Dans le Tableau 4, la classe de localisation B implique des erreurs maximum de plus de 20 000 m, dont certaines peuvent excéder les 60 000 m.

Tableau 4. Erreur de localisation maximale observée par classe et par balise (en mètres)

Classe de localisation	Balise n°					Maximum
	57 103	57 104	57 105	57 106	57 107	
B	66 768	19 036	25 159	23 757	20 253	66 768
A	608	1 129	1 515	25 911		25 911
0				1 010	22 760	22 760
1	455	889	503			889
2	1 068	610	367	2 309	150	2 309
3	110	324	140	235		324

Comme le montre le Tableau 5, les classes de localisation 0 et B présentent des erreurs de localisation moyennes de l'ordre de la dizaine de kilomètres.

Pour l'ensemble des classes de localisations 1, 2 et 3, les moyennes semblent se situer au dessous de 1 000 m. Cependant la classe A possède un *outlier* en maximum. En retirant cet *outlier*, on obtient pour les 27 localisations restantes une erreur moyenne de 545 mètres, et une erreur maximum de 1515 mètres.

Tableau 5. Erreur de localisation moyenne calculée par balise et par classe (en mètres).

Classe de localisation	Balise n°					Moyenne
	57 103	57 104	57 105	57 106	57 107	
B	15 457	4 881	6 302	12 002	10 073	8 074
A	294	442	791	2 841		1 307
0				1 010	22 760	11 885
1	455	561	503			528
2	642	417	354	624	150	510
3	110	211	140	235		190

40% (n=15) des localisations de classe B présentent une erreur de localisation supérieure à 5 kilomètres et 25 % sont supérieurs à 10 000 m.

Le 3^{ème} quartile de la classe A est inférieur à 1 000 m et une seule valeur est supérieure à 2 000 m.

La classe 0 montre une valeur proche de 1 000 m et une de plus de 20 000 m mais le très petit nombre de données ne permet pas d'en tirer des conclusions

2.1.2 Test des balises Argos durant le stage (Test 2)

Comme le montre le Tableau 6 ci-dessous et le tableau détaillé en annexe 2, un total de 55 localisations Argos ont été obtenues.

Les localisations dotées d'une estimation de précision (classes 2 et 3) représentent **18%** (n=10) du total. Remarquons que la classe 1 ne comprend pas de localisation. La classe 0 ne comprend qu'une seule localisation.

Le Tableau 6 montre également que le nombre total de localisations n'est pas équitablement distribué entre balises, celui-ci variant entre **12 et 30**. Les balises 57103 et 57106 possèdent 12 à 13 localisations soit moins de trois localisations rapportées au nombre de jour alors que la 57107 comprend en moyenne près de 4 localisations par jour d'émission pour 6 attendues.

Le tableau de l'annexe 2 montre tout d'abord que la balise n° 57103 n'est pas en phase avec les 2 autres. Ceci rejoint les observations du test Argos avant stage. Les résultats montrent également que les balises fonctionnent toutes selon le cycle programmé, c'est-à-dire un jour sur trois. Néanmoins, seule la 57107 n'a présenté aucun défaut du cycle. Alors que cette dernière a fourni 6 cycles de localisations en 24 jours, les balises n° 57103 et 57106 n'en ont respectivement fourni que 3 en 24 Jours et 3 en 14 jours.

La distribution des localisations du tableau de l'annexe 2 montre également que presque tous les cycles de localisation comportent des données de classe 2 ou 3 sauf pour la balise 57103.

Tableau 6. Nombre de localisations obtenues par classe de localisation et par balise

Classe de localisation	Balise n°			Total	%
	57103	57106	57107		
B	7	4	13	24	44%
A	3	7	10	20	36%
0			1	1	2%
1					0%
2	2	2	3	7	13%
3			3	3	5%
Total	12	13	30	55	100%

Ces 55 localisations Argos ont été comparées à la localisation de référence fournie par le GPS.

La différence de localisation a créé un paramètre 'erreur' dont on peut analyser les distributions dans des tableaux de contingence.

L'analyse des maximums (Tableau 7) montre que seules les classes 2 et 3 présentent des valeurs maximales d'erreur de l'ordre de la centaine de mètres. Les erreurs maximums de la classe A sont de l'ordre du kilomètre.

La classe B présente des valeurs maximales d'erreur de l'ordre de la dizaine de kilomètres. Pour deux balises sur trois la même classe observe des erreurs maximums de plus de 60 000 m.

Tableau 7. Erreur de localisation maximale observée par classe et par balise (en mètres)

Classe de localisation	Balise n°			Maximum
	57103	57106	57107	
B	68 429	8 097	66 115	68 429
A	797	2 424	1 200	2 424
0			2 497	2 497
2	561	120	449	561
3			192	192
Total	68 429	8 097	66 115	68 429

Comme le montre le Tableau 8, la classe de localisation B présente une erreur de localisation moyenne de l'ordre de la dizaine de kilomètres. Une analyse plus fouillée des localisations de classe B montre néanmoins la présence de deux *outlier*. En retirant ces *outlier*, on obtient pour la classe B une erreur moyenne de 4 563 mètres.

L'erreur de localisation des classes A, 2 et 3 est de l'ordre de la centaine de mètres.

Tableau 8. Erreur de localisation moyenne calculée par classe et par balise (en mètres)

Classe de localisation	Balise n°			Moyenne
	57103	57106	57107	
B	18 287	2 992	9 694	11 083
A	509	684	458	545
0			2 497	2 497
2	404	68	262	247
3			109	109
Moyenne	10 862	1 299	4 474	5 117

30% (n=7) des localisations de classe B présentent une erreur de localisation supérieure à 5 kilomètres, est 25 % des valeurs se situent au-dessus de 10 000 m. Pour les autres localisations cette valeur est inférieure à 1 000 m.

Avec peu de localisations, la classe 0 montre une valeur proche de 3 000 m sans doute sans signification.

2.2 Test des balises VHF durant le stage

En comparant les moyennes, la distribution des erreurs de l'azimut direct est significativement différente ($p=0,036$) des autres azimuts. En appliquant un test t, seule la moyenne des erreurs de l'azimut direct montre une différence significative par rapport à 0.

En fouillant un peu plus, deux types de végétation, brousse tachetée et forêt galerie, montrent des erreurs moyennes des azimuts directs significativement différentes de 0 (Tableau 9). Cette erreur est un biais pour l'estimation de l'azimut direct relevé.

Tableau 9. Test t de Student des moyennes d'azimuts direct par type de végétation par rapport à 0.

Variable	p-value
Brousse tachetée	0,002
Forêt galerie	0,045
Savane arbustive dense	0,42

Les valeurs en gras sont inférieures au seuil significatif de 0,05

Une analyse de variance (ANOVA) pour l'ensemble des erreurs et pour chacun des azimuts montre un effet significatif ($p=0,039$) des différents types de végétation.

La distance à laquelle le signal s'éteint nous donne une idée de la différence de réceptions entre les types de végétation (Tableau 10). Cette distance est variable suivant les types de végétation. Pour le signal visuel, son extinction a lieu à des distances plus faibles pour les types de végétation plus denses. Pour le signal sonore, son extinction a lieu à des distances plus faibles pour la forêt galerie que pour les autres types.

Tableau 10. Paliers d'extinction du signal visuel puis du signal sonore par types de végétation.

Type de végétation	Signal visuel	Signal Sonore
Brousse tachetée	4 000m - 4 500m	7 500m - 8 000m
Forêt galerie	2 000m - 3 000m	4 000m - 5 000m
Savane arbustive dense	2 000m - 3 000m	7 000m - 8 000m

D'après le Tableau 11 et l'annexe 3, l'erreur que l'on peut faire sur l'azimut direct est positivement corrélée avec la distance de l'observateur à l'émetteur dans deux types de végétation de densité extrême.

Tableau 11. Test de corrélation de Pearson de l'erreur de l'azimut direct avec la distance par types de végétation.

Type de végétation	p-values
Brousse tachetée	0,010
Forêt galerie	0,047

Les valeurs en gras sont inférieures au seuil significatif de 0,05

3 Discussion

3.1 Le système ARGOS

Dans le cadre du projet Mobilité, le déploiement des balises Argos à l'occasion de la mission « test » a notamment pour objectif de vérifier chez l'hippopotame l'hypothèse de déplacements de grande amplitude en saison des pluies (plusieurs dizaines de kilomètres).

La précision des localisations fournies par les balises Vectronic (de l'ordre du kilomètre) répond manifestement à cette attente. En effet, les précisions des classes 1, 2 et 3 calculées par nos tests sont équivalentes aux valeurs proposées par Argos et répondent aux objectifs de notre test (de l'ordre du kilomètre ou moins). Les tests ont également montré que chaque cycle d'émission comportait au moins une localisation d'une classe utilisable soit 1, 2 ou 3.

Les résultats montrent par contre que les classes B et 0 ne sont pas exploitables sur ce type de balises, et que même la classe A doit être considérée avec la plus grande précaution. La classe B montre des valeurs d'erreur souvent 10 fois plus élevées que pour les autres localisations et nous conduit à écarter cette classe de l'étude. La classe 0 est apparue en trop faible effectif dans les localisations avec par conséquent une amplitude de la répartition des erreurs non interprétable. La classe A représente une source d'informations non-négligeable du fait de ses effectifs élevés de localisations et d'une proportion importante d'erreurs inférieures au kilomètre. Toutefois l'existence de valeurs élevées d'erreurs pour la classe A rend nécessaire la pratique une sélection *a posteriori* des localisations de classe A, une fois les localisations représentées ou analysées.

Ce test a également mis en évidence un fonctionnement partiel de la balise n°57103. En effet, certains cycles de trois jours ne comportent aucune localisation. De plus, dans les deux tests, bien que toutes les balises aient été activées le même jour, cette balise n'a pas émis en phase avec les autres. Ceci ne représente pas un problème dans l'absolu mais oblige à s'interroger sur la fiabilité du matériel ou de sa conception initiale. Cette balise sera renvoyée à la firme Vectronic pour modification. Dans l'hypothèse d'intervalles plus longs entre émissions (10 jours pour les balises à déployer en décembre), il sera important de s'assurer que toutes les balises, fournies par la firme Lotek cette fois-ci, émettent en phase. En effet, dans le cas contraire, la planification du suivi des animaux (en ULM ou au sol) sera plus compliquée.

Les balises 57106 et 57107 se sont comportées différemment entre les deux tests. Au cours du premier test, la balise 57107 a montré des cycles sans localisations alors que ce n'est pas le cas lors du second test. La balise 57106 qui elle a fonctionné correctement lors du premier test montre des cycles sans localisations lors du second test. Ce comportement imprévisible justifie les opérations de test avant de les poser à grand frais sur des animaux. Il est à mettre en relation avec de nombreuses difficultés rencontrées lors de protocole de suivi par collier Argos comme par exemple dans le cas des 5 éléphants suivis dans le Parc W (A. Ipavec, com pers) ou des 8 autres dans le Parc National de Zakouma – Tchad (Malachie, 2004). Construites par des firmes différentes, quasiment aucune n'a fonctionné tout à fait correctement la durée de vie prévue (émission irrégulière, mise en route tardive ou arrêté prématuré) Toutefois, peu de travaux publiés font un état des lieux circonstancié de ces problèmes de fiabilité du matériel. Vu l'investissement important que demandent à la fois l'acquisition du matériel et ensuite les opérations de pose, la tendance consiste sans doute plutôt à valoriser au maximum les données obtenues que s'appesantir sur les difficultés.

3.2 Le système VHF

Dans le cadre du projet Mobilité, les balises VHF auront pour tâche de préciser les déplacements des individus à l'échelle de la journée et observer les comportements d'alimentation et d'accès à l'eau selon les heures de la journée et donc sur l'hypothèse de déplacements relativement faibles.

L'erreur angulaire observée sur les azimuts directs est trop importante pour les calculs de triangulation (White and Garrott, 1990) car les calculs de précision de la localisation par triangulation sont basés sur des estimateurs (Lenth, 1981). Il est très important pour qu'une sélection des localisations soit précise de choisir une méthode de relevé des azimuts non biaisés, quel que soit le type de végétation. Il est donc conseillé de choisir les azimuts calculés à partir de la bissectrice quel que soit le type de signal obtenu. Cependant on pourra critiquer le protocole de relevé des données utilisé ici car pas totalement homogène et la méthode utilisée. En effet d'après Garrot *et al.*, (1986) l'investigateur doit rechercher une procédure de test qui simule le plus possible une réelle collecte de données et qui ne soit ni trop objective ni trop subjective. En effet pour éviter la corrélation entre les relevés, une procédure plus aléatoire aurait sans doute été préférable comme par exemple une distribution aléatoire des points de relevés dans une succession de cercles centrés sur la balise. Enfin, en faveur d'une procédure plus lourde, le choix d'un terrain homogène sans portion de piste pouvant altérer le jugement (Janeau, 1998) aurait été préférable.

III Analyse descriptive des déplacements et du domaine vital

1 Méthodes

Lors de la mission de capture des Hippotragues rouans qui a eu lieu du 24 mars au 04 avril, un collier composé des deux systèmes de télémétrie VHF et Argos a été posé sur une femelle adulte accompagnée d'une femelle gestante et de deux juvéniles (collier n°57104) et sur un mâle solitaire (collier n°57105) au plus fin de leur l'encolure.

Après activation, la balise Argos a émis une localisation toutes les heures pendant six heures deux fois tous les trois jours et garantit une uniformité dans le temps. Les localisations ont été ensuite récupérées par Internet et traitées à Montpellier. Elles ont été fournies avec les classes de localisations (mesure de précision) Argos et les paramètres temporels (heure et date) correspondants.

Des triangulations VHF ont été organisées à partir du jour même de la capture à raison de deux localisations par jour, matin et soir de jour, dénommé « suivi extensif » (EXT). Les premières analyses sur place ne montrant pas de déplacement remarquable nous ont conduit à organiser des suivis intensifs (INT). Pour ce faire, une session de triangulation (ou sortie) a été organisée toutes les deux heures le jour, et toutes les trois heures la nuit pendant trois jours soit 72 heures à raison de 26 sorties tous les mois. Ces soixante heures correspondaient aux 72 heures pendant lesquelles Argos n'émet pas, ce qui a permis de coupler les localisations sur près de 90 heures. On a noté (1) les coordonnées du point de réception (2) l'azimut direct, (3) les azimuts gauche et droit de l'angle que forme la réception du signal lorsque l'on en cherche les limites d'extinctions, (4) le type et l'intensité du signal au maximum de réception du signal et (5) les paramètres temporels (heure et date).

Ensuite le logiciel LOAS a donné une estimation des coordonnées de la position de l'animal, au sein d'une ellipse proportionnelle au degré de précision ou d'erreur des données obtenues par triangulation

Pour le système Argos, d'après les résultats des tests observés (cf ch III.2.1), les localisations B et 0 ont été retirées du jeu de données Argos. Afin d'éviter les *outliers* de la classe A, on a effectué sous ArcView, une sélection des valeurs les plus proches à 85% afin de supprimer les valeurs extrêmes grâce à l'option *outlier removal* de Spatial Analyst. La précision des localisations sélectionnées est alors de 1 km.

Pour le système VHF, les estimateurs de la triangulation donnent la précision des localisations directement à partir des azimuts relevés. En accord avec les résultats du test VHF (cf. ch. III.2.2.), les localisations ont été calculées à partir des azimuts issues de la bissectrice de l'angle de réception. Saltz and White (1990) estiment que le plus grand axe de l'ellipse de confiance (donné ici par le logiciel LOAS) fournit la meilleure mesure linéaire de l'erreur. Pour harmoniser avec la sélection effectuée sur les données Argos, les localisations sans estimation de précision ou dont l'axe majeur de l'ellipse d'erreur est supérieur à 1 km ont été éliminées.

Les localisations ont été reportées sur un fond de carte sous forme de points dans le logiciel ArcView. Si nécessaire des localisations trop éloignées du semis de points ou dont la distance avec la localisation précédente est disproportionnée aux capacités de l'animal ont été considérées comme erronées et ont été retirées de l'analyse.

Plusieurs types de données ont été analysés :

- (1) les données sélectionnées Argos,
- (2) les données sélectionnées des fichiers VHF
- (4) Puis les données regroupées de (1) et (2)

L'extension Spatial Analyst d'ArcView, permet de calculer et de visualiser par plusieurs méthodes le domaine vital de l'hippogre selon la méthode de Maximum Convex Polygon (MCP) (Mohr, 1947). La méthode MCP, très simple et facile d'utilisation permet de délimiter les surfaces explorées par l'animal en reliant les localisations les plus externes de manière à construire le plus petit polygone convexe englobant toutes les autres localisations. Le principal inconvénient de la méthode du polygone convexe relève du fait que l'estimation du domaine vital augmente avec le nombre de données. De plus, les localisations extrêmes ont une influence prépondérante. De ce fait, dans l'estimation, sont incluses des portions que l'animal n'utilise pas.

Contrairement à la méthode d'estimation du polygone convexe, la méthode des Kernels, prend en compte l'intensité de l'utilisation et minimise l'importance des localisations extrêmes (Baras, 1992). Cette méthode est basée sur la modélisation sous forme d'une ellipse dont les axes ont une longueur proportionnelle à un pourcentage de la variance de la distribution des coordonnées x et y de l'ensemble des localisations. On pourra ainsi mettre en relief des centres d'activités appelées noyaux. Cependant la méthode des Kernels est fortement sensible à l'autocorrélation des données (White and Garrott, 1990). Une distribution non-homogène pourrait alors potentiellement tirer les probabilités vers une concentration de localisations sur une même période. C'est pourquoi seules les données Argos seront utilisées. Lorsque le but d'une étude est une description globale, grossière de la sélection, l'analyse descriptive des noyaux peut être suffisante (Calenge, 2002).

L'extension Animal Movement de ArcView permet de calculer et de visualiser les déplacements de l'hippogre entre chaque localisation par une polygline fléchée.

2 Résultats

2.1 Description du jeu de données

2.1.1 Conditions climatiques

Le relevé météorologique (Figure 1) présente une variation des températures moyennes journalières entre 26 °C et 38°C. La première pluie, en date du 16 mai 2006, est relativement importante (27 mm) en comparaison des suivantes qui amorcent la saison des pluies.

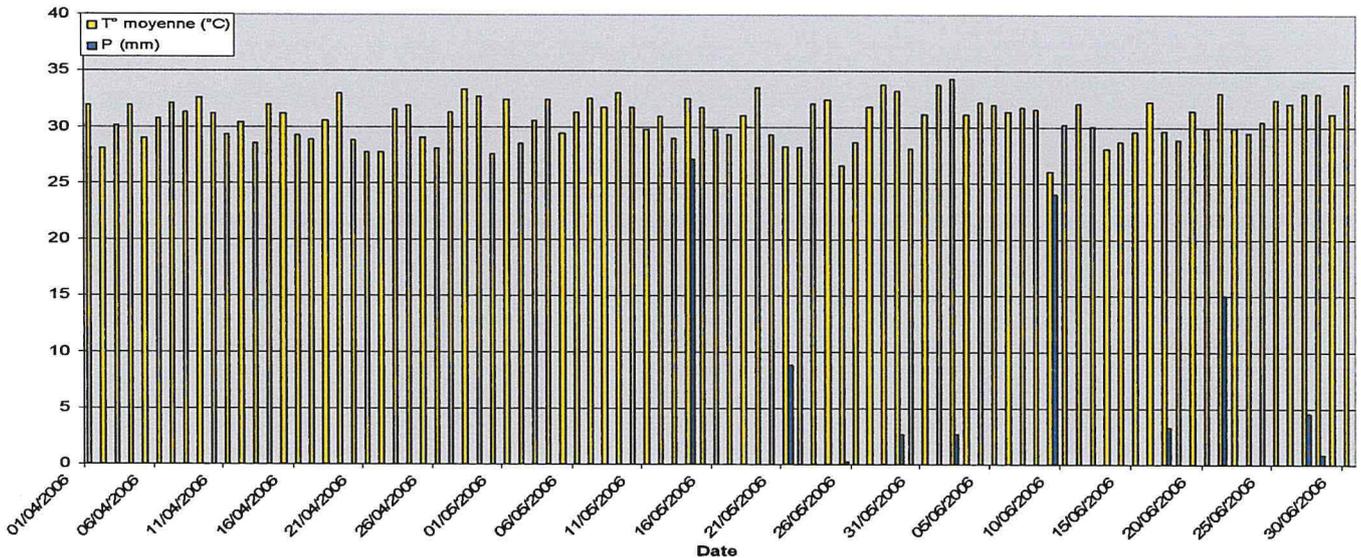


Figure 1. Relevé de la température moyenne (T° moyenne) et des précipitations (P) du 1er avril au 30 juin.

2.1.2 Données Argos

La sélection des seules localisations précises conduit à ignorer plusieurs cycles de localisations (Tableau 12). Avant sélection des données, on constate que les balises n'ont pas émis près d'un cycle sur cinq.

Tableau 12. Proportions de cycles sans localisations des relevés Argos par balise avant et après sélection des données.

Argos	57104	57105
Avant sélection	4/31 (13%)	6/28 (21,5%)
Après sélection	6/31 (19%)	9/28 (32%)

En fonction des heures de la journée, le nombre de localisations retenues varie entre 9 et 26 par intervalles d'heures.

2.1.3 Données VHF

Pour les deux individus, 55% (n=51) des localisations pour la femelle (balise 57104) et 45% (n=42) pour le mâle (balise 57105) sont conservées.

Pour l'ensemble des suivis intensifs, les données issues de la VHF sont réparties de manière à peu près homogène selon les intervalles d'heures de la journée (Figure 2).

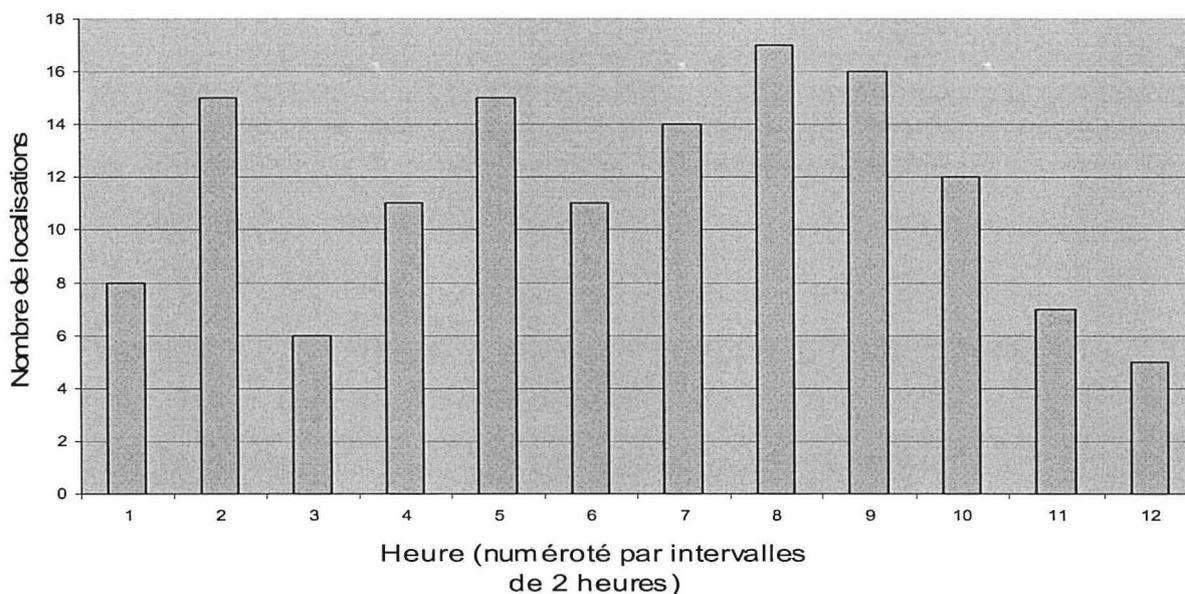


Figure 2. Nombre de localisations par intervalles d'heures de la journée pour les sessions de suivis intensifs des relevés VHF.

Le but de regrouper les données VHF et Argos est tout d'abord d'intégrer les valeurs du suivi extensif VHF (EXTENSIF), d'observer la manière dont la VHF complète les observations Argos et de diminuer les écarts d'effectifs de localisation entre les heures au sein de la journée. Si on regarde la distribution des données sur les trois mois on constate que certains jours ne sont pas représentés et d'autres sur représentés (Figure 3). Cette répartition est marquée entre autre par la surreprésentation des localisations issues des suivis intensifs (INT) (Tableau 13). Néanmoins en utilisant la méthode MCP pour cette base de données on pourra visualiser l'ensemble de la surface explorée par l'animal.

Tableau 13. Date des sessions intensives des relevés VHF par balise.

Session	Date des sessions	
	Femelle 57104	Mâle 57105
INT1	19 au 22 avril	3 au 6 mai
INT2	27 au 30 mai	23 au 26 mai
INT3	16 au 19 juin	20 au 23 juin

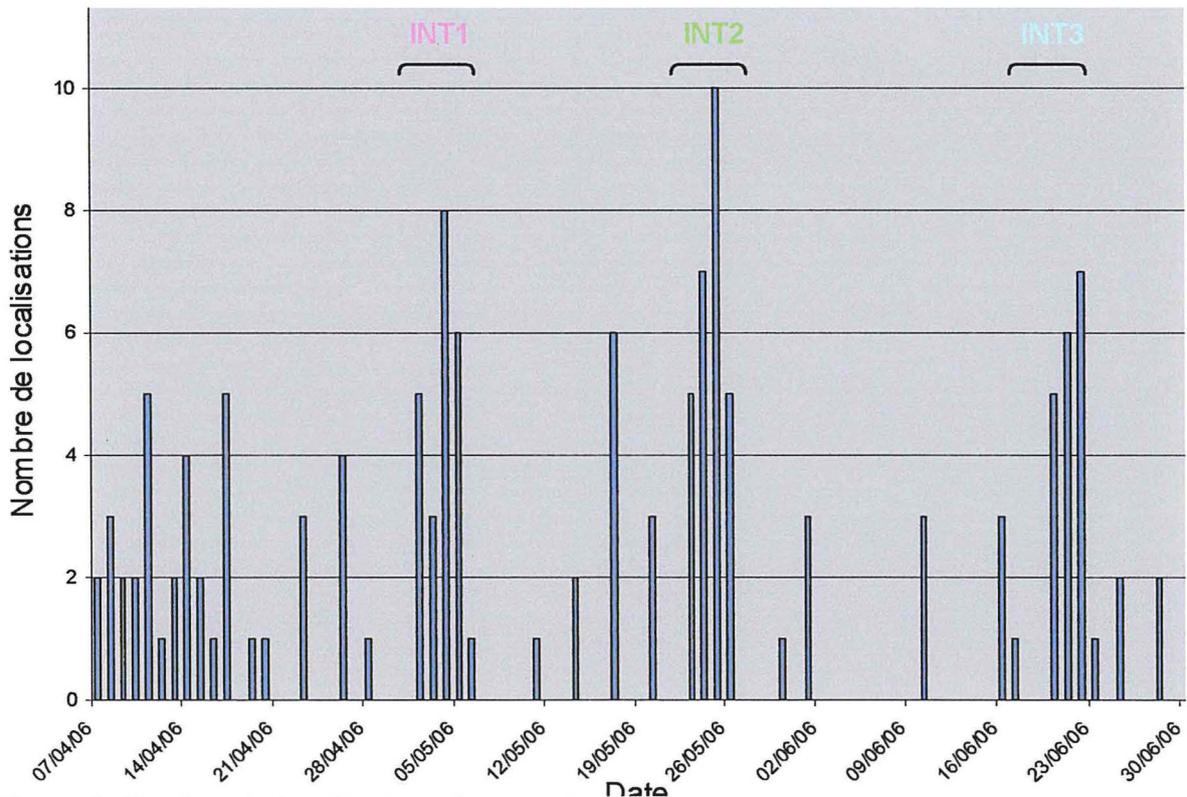
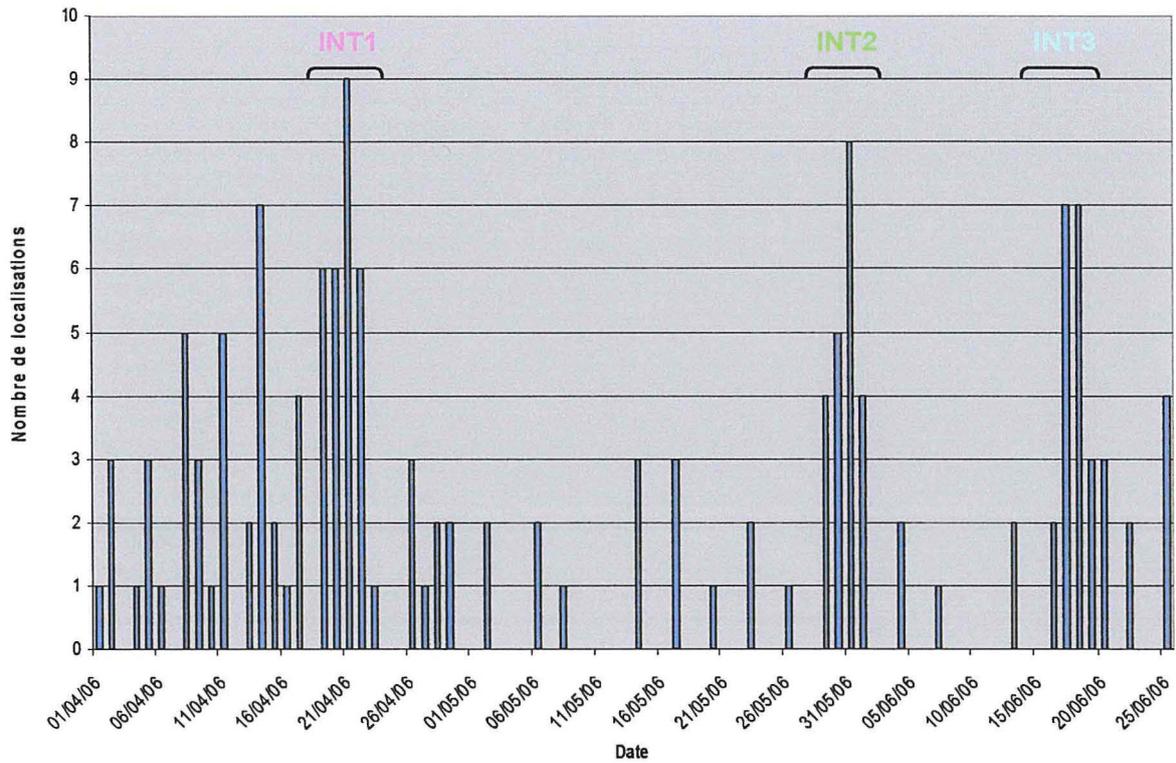


Figure 3. Nombre de localisations à partir de la date de la capture jusqu'au 30 juin pour les bases de données VHF et Argos réunis pour la balise 57104 (en haut) et pour la balise 57105 (en bas). INT représente les suivis intensifs VHF.

2.2 Domaine vital et trajectoires

2.2.1 Méthode MCP

La superficie du domaine vital (DV) calculée par la méthode du MCP (Maximum Convex Polygon) à partir des localisations du suivi intensif et la distance parcourue par l'animal à l'intérieur de cette aire diminue entre la session 1 et la session 2 pour s'accroître ensuite lors de la session 3, pour les deux individus (Tableau 14). Pour ces deux mêmes animaux, la session 2 s'est déroulée juste après la première pluie du 16 mai 2006.

Pour la femelle, on peut observer la différence de superficie du DV selon le type de suivi Argos ou VHF. De plus, les deux sources de données combinées aboutissent à une superficie supérieure à celles issues des deux semis de points séparés. La superficie ainsi obtenue est remarquablement supérieure à celle du mâle dont les aires des deux semis de points se superposent (Tableau 14 et Figure 4).

Tableau 14. Aire en hectares des domaines vitaux calculés par la méthode MCP par type de données et par balise.

Type de données	Aire (ha)	
	Femelle (57104)	Mâle (57105)
INT1/VHF	336	224
INT2/VHF	76	44
INT3/VHF	231	75
Total VHF	850	592
Argos sans B sans O et avec 85% de A	457	663
Argos et VHF	1 131	794

Tableau 15. Distance en mètres entre chaque localisation pour les différents suivis intensifs des relevés VHF pour chaque balise.

Session	Distance parcourue (m)	
	Femelle (57104)	Mâle (57105)
INT1	58 045	36 653
INT2	21 765	22 512
INT3	41 193	27 787

Pour la femelle, le semis de points Argos délimite un domaine vital relativement rectangulaire, englobant les abords des rives de la Tapoa sur environ 10 km, les abords des mares permanentes, le plateau arbustif rocailleux de la piste de Seyni Kountché et l'affleurement latéritique à végétation clairsemée du bas-fond de Bata. Les aires représentées par les sessions intensives du suivi VHF montrent l'évolution des aires et le déplacement du centre d'activité de la femelle du plateau vers le bas-fond au cours du temps (Figure 4).

En annexe 4, les jeux de données Argos et VHF réunis, on observe un regroupement des localisations de nuit aux abords des falaises dominées par une végétation dense et très épaisse.

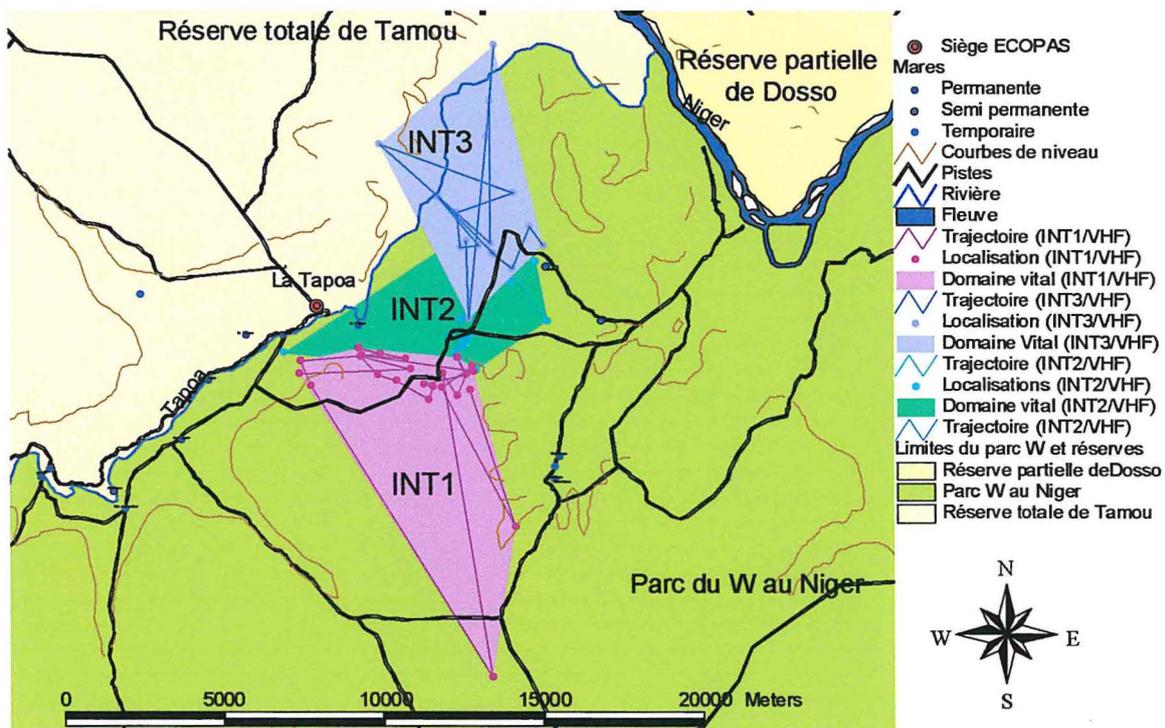
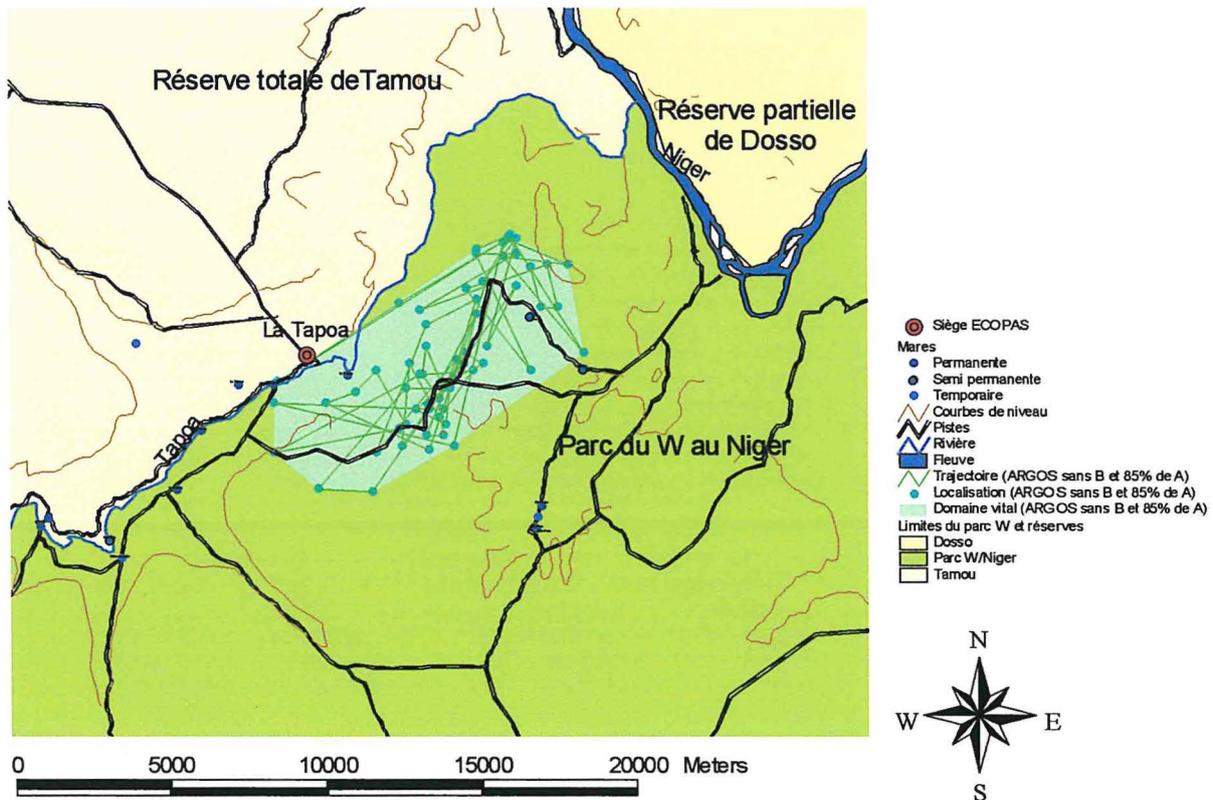


Figure 4. Domaine vital et aire de fréquentation calculés par la méthode MCP pour la semis de points Argos (en haut) et les différents suivis intensifs des relevés VHF (en bas) pour la femelle (57104).

Pour le mâle, les domaines vitaux calculés à partir des semis de points Argos et VHF se recourent sur le centre d'activité qui reste inchangé pendant les trois mois. L'individu n'est jamais retourné sur le lieu de capture bien que ce lieu soit situé aux abords d'une mare permanente (Figure 5).

En annexe 5, en regroupant des deux base de données, on observe des localisations éparpillées aux abords du front cultural de nuit entre 18h et 8 h.

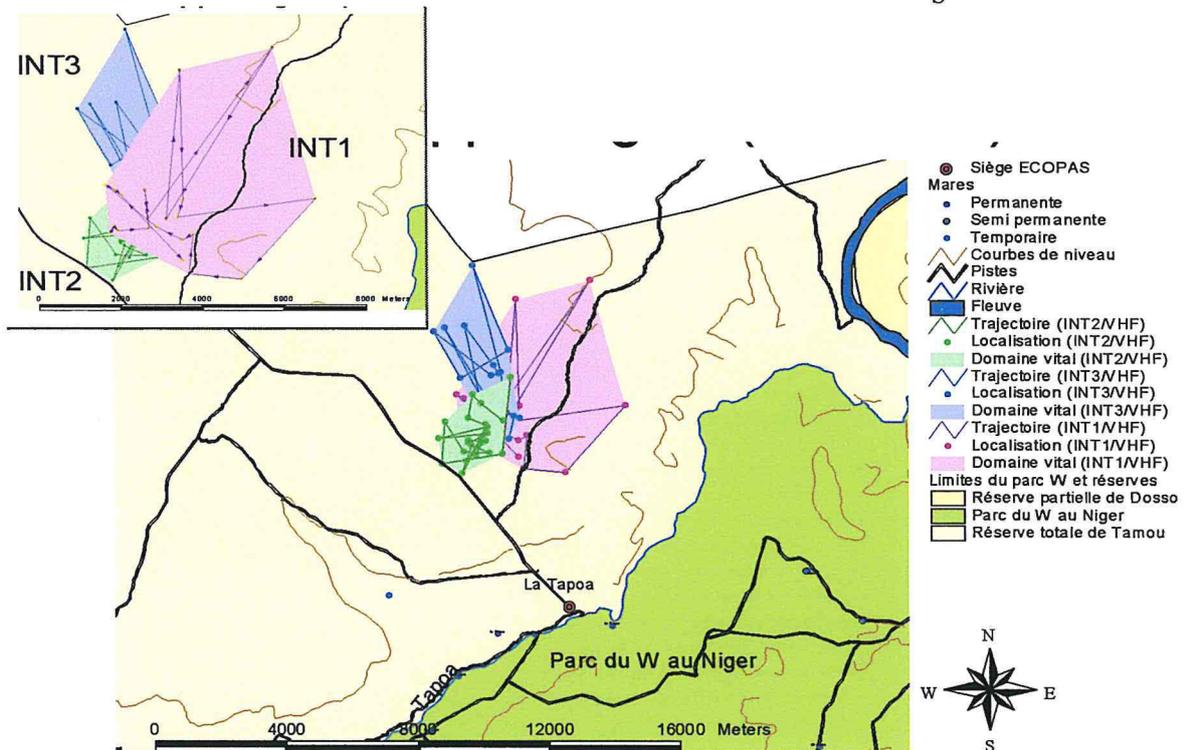
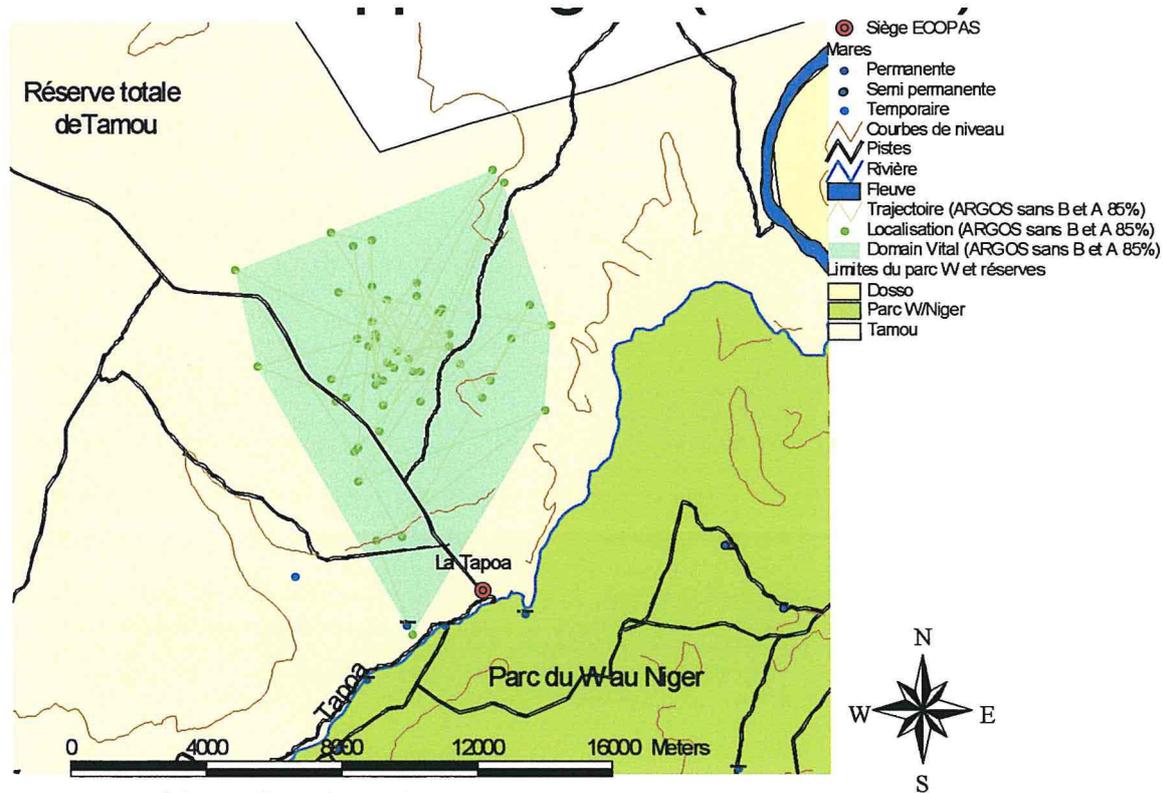


Figure 5. Domaine vital et aire de fréquentation calculés par la méthode MCP pour le semis de points Argos (en haut) et les différents suivis intensifs des relevés VHF (en bas) pour le mâle (57105)

2.2.2 Méthode des kernels

Les aires calculées par la méthode des Kernels sont du même ordre que celles calculées par la méthode MCP (Tableau 16). Cependant, l'écart entre les deux animaux de la superficie calculée par la méthode des Kernels est très faible.

Pour la femelle deux aires de probabilité 50% apparaissent (Figure 6). Celles-ci correspondent aux deux périodes du suivis, avant et après la première pluie, confirmant les observations VHF. En observant les trajectoires on constate que les déplacements après la première pluie ont lieu entre les deux centres d'activité avec cependant une majeure partie des localisations situées dans celles plus au nord. La femelle semble éviter de rester longtemps dans le bas-fond proprement dit.

Tableau 16. Aires en hectares des noyaux de probabilités calculés par la méthode des Kernels sur le semis de points ARGOS pour chaque balise.

Type de données	Probabilité (%)	Superficie (ha)	
		Femelle (57104)	Mâle (57105)
Argos sans B sans O et avec 85% de A	95	536	553
	75	196	164
	50	84	48

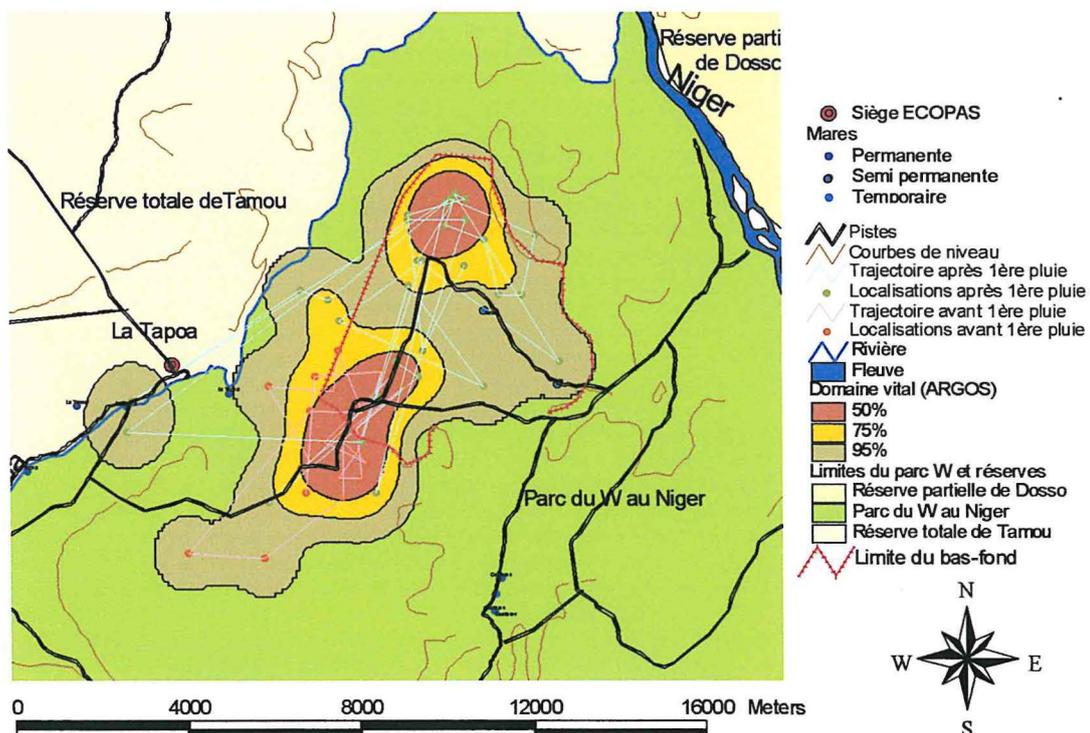


Figure 6. Noyaux du domaine vital calculés par la méthode des Kernels et trajectoires avant et après 1ère pluie pour la femelle (57104).

Pour le mâle une seule aire de probabilité à 50% apparaît. Elle se situe dans un bas-fond dont la végétation a subi les feux précoces des gestionnaires (obs. pers.). De plus, à l'observation des trajectoires, on peut noter de courantes prospections en dehors du noyau du domaine vital, la plupart au cours de la nuit (Figure 7). A remarquer que ce domaine vital est situé en dehors du parc du W dans la réserve totale de Tamou. Les prospections en directions du nord se situent en frontière de cette réserve qui délimite une aire de protection de l'activité humaine agricole.

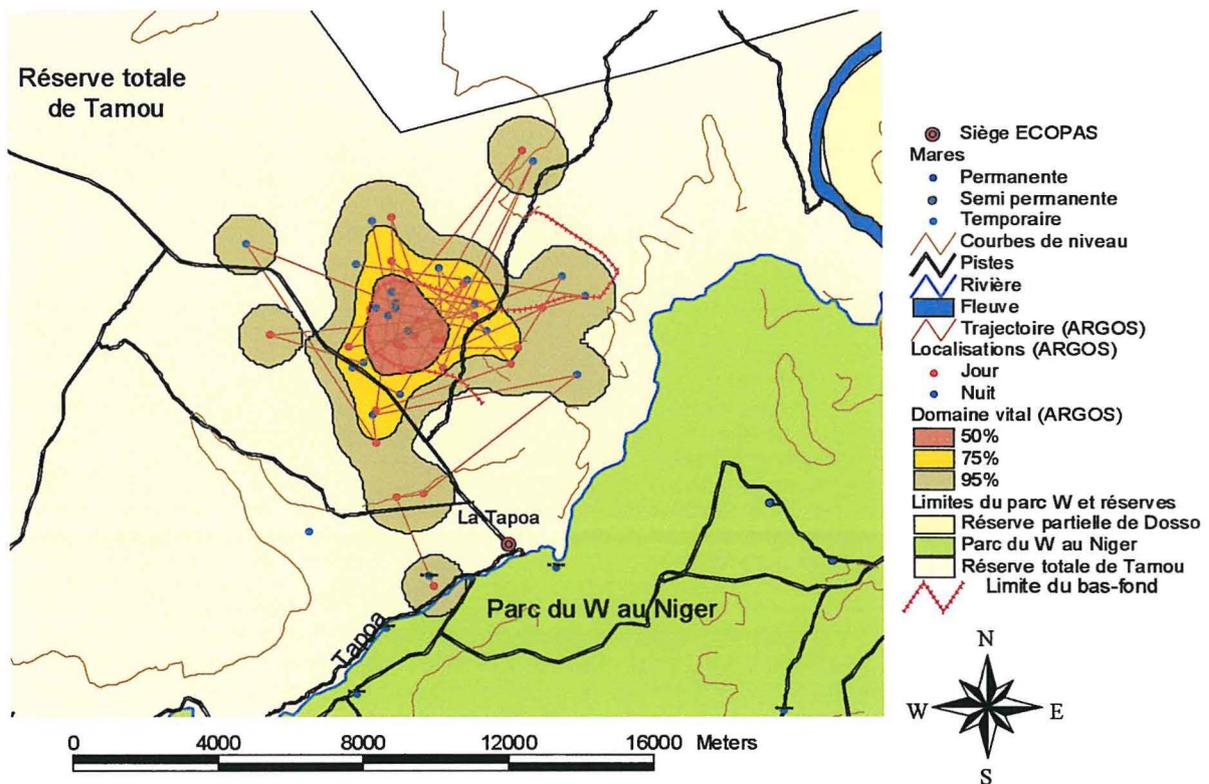


Figure 7. Noyaux du domaine vital calculés par la méthode des Kernels et localisations jour et nuit pour le mâle (57105).

2.3 Accès à l'eau

Au courant du mois d'avril seules les mares d'eau permanentes étaient capables d'alimenter la faune en eau. A partir de la première pluie du 16 mai, les possibilités d'abreuvement sont inconnues mais certainement supérieures. A partir de cette date, la femelle n'approche plus fréquemment les abords des mares permanentes (Figure 8). 14 localisations sur 149 (9,4 %) sont situées à moins de 1 000 m d'un point d'eau connu, 13 (8,7 %) entre 1 000 et 2 000 m, 29 (19,5 %) entre 2 000 et 3 000 m.

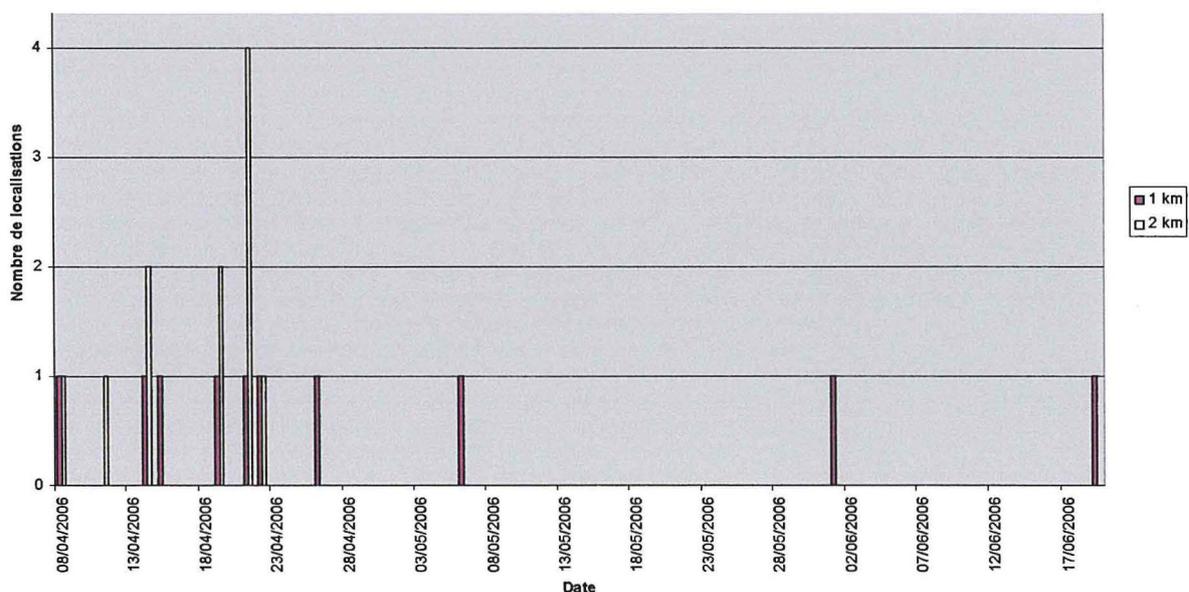


Figure 8. Nombre de localisations situées à moins de 2 km de mares permanentes du 8 avril au 30 juin pour la femelle (57104).

Les ressources hydriques du mâle sont quant à elle inconnues. Seules les 6 premières localisations depuis la date de capture sont situées à moins de deux kilomètres des mares permanentes. Une localisation seulement et située à moins d'un kilomètre de la rivière Tapoa et ce mi-avril lorsque cette partie de la rivière est réputée comme asséchée (Figure 9).

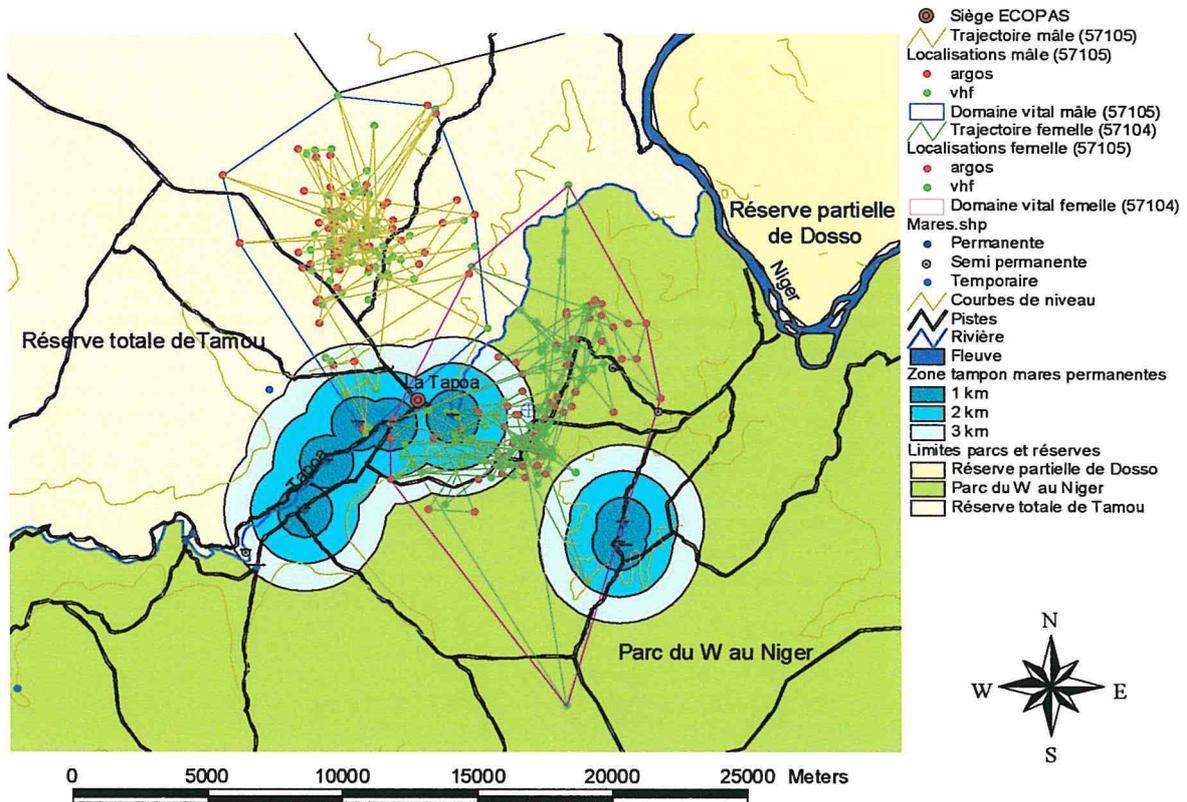


Figure 9. Domaines vitaux des hippotragues et localisations et zones tampons des mares permanentes.

Si l'on observe les distances entre les localisations au cours du suivi intensif de la femelle au mois d'avril (Figure 10), on constate que les plus grandes distances précèdent une approche des abords des mares permanentes. Dans le détail les deux mares résiduelles de la Tapoa les plus proche du poste de garde sont les plus visitées. Néanmoins, on observe aussi des prospections convergentes vers les mares permanentes de Gnafarou (Figure 9).

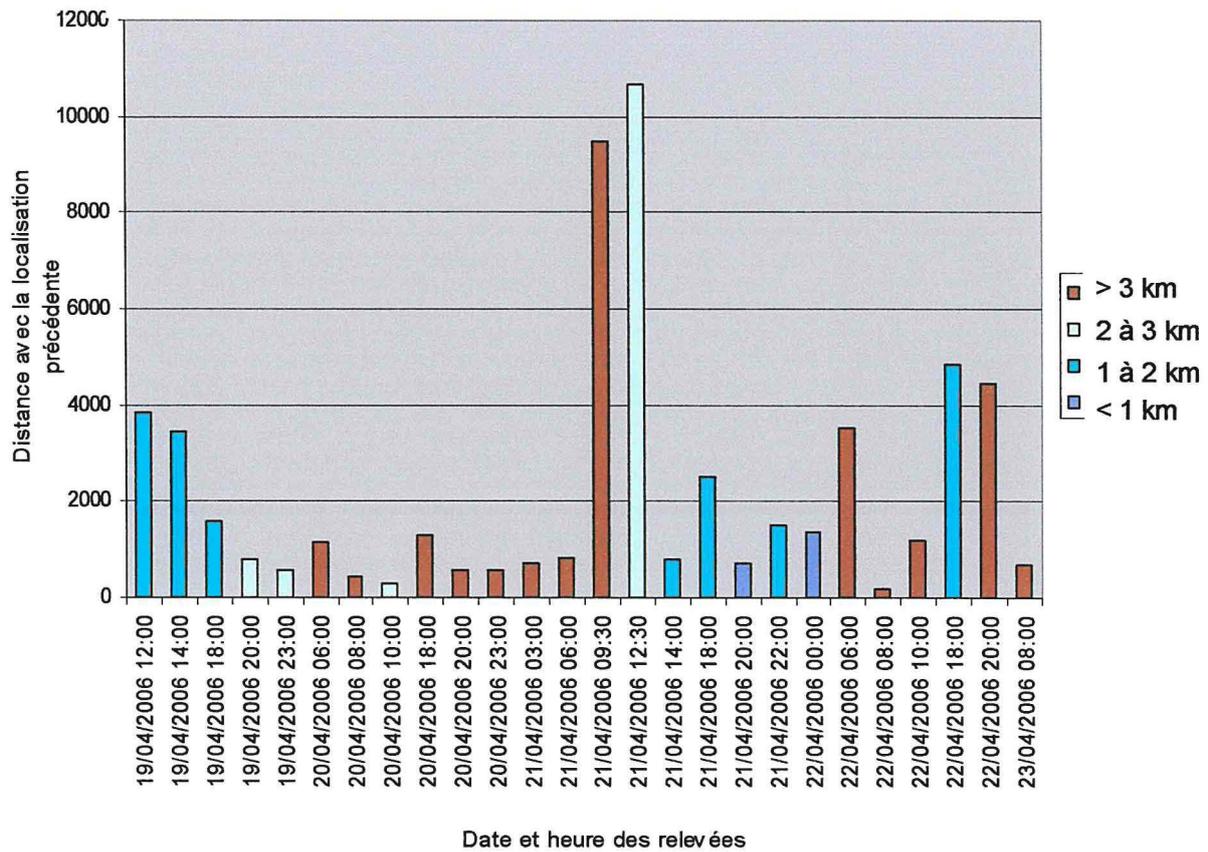


Figure 10. Distances entre localisations au cours de la session intensive des relevés VHF du mois d'avril en fonction de la distance à la mare permanente pour la femelle (57104).

3 Discussion

3.1 Domaine vital et trajectoires

Les données Argos permettent d'établir le schéma d'un domaine vital par la méthode des Kernels sur un pas de temps élevé. Les noyaux à 50% matérialisent des centres d'activités et les noyaux à 95% des aires de faible densité de localisations. Cependant le pas de temps choisi n'est pas suffisamment fin pour observer des activités brèves mais néanmoins importantes comme l'accès à l'eau au cours d'un cycle journalier.

De plus, la sélection des localisations de précision de moins de 1 km est faible (30% environ), et certaines classes comme la classe A ne garantissent pas une information fiable.

Ce système semble peu adapté à des calculs précis de domaine vital pour l'hippopotame, dans la mesure où il faut tendre à réduire le plus possible l'intervalle de temps entre les relevés pour minimiser l'erreur faite sur l'estimation d'éventuels déplacements de l'animal entre ces relevés (Schmutz and White, 1990; Baras, 1992; Saltz, 1994).

Les données VHF permettent d'établir une aire de fréquentation, par la méthode MCP, sur un pas de temps journalier. Elles viennent compléter les calculs de domaine vital par la méthode MCP des données Argos à une échelle spatio-temporelle plus fine.

Cependant, les aires fournies par la méthode MCP et par la méthode des Kernels pour les données Argos sont différentes et aboutissent à des comparaisons différentes entre les individus.

La méthode des Kernels prenant en compte la densité des localisations et donc la fréquence d'utilisation de l'habitat par l'animal permet de mettre en relief des surfaces exploitées au niveau des noyaux à 50 % et des surfaces explorées au niveau des noyaux à 95%. La méthode MCP quant à elle plus imprécise que la méthode des Kernels en terme de calcul de domaine vital, permet de comparer l'évolution des aires de fréquentation à l'échelle de quelques jours et d'analyser les activités à l'échelle de la journée.

Cependant selon White & Garrott (1990), ce genre de précision n'est cependant pas encore acceptable pour analyser de manière fine la proportion de temps passée dans certains types de végétation et ne permet donc pas une analyse quantitative.

3.2 Ecologie

Les deux Hippopotames rouans semblent préférer, en ce qui concerne la durée de l'étude, des habitats relativement ouverts non loin d'un bas-fond où des feux précoces ont stimulé les repousses (obs. pers.). Cette observation rejoint les conclusions des études de Belemsobgo (1996) et de Heitkonig & Owen-Smith (1998). Des collines rocailleuses font partie de leur domaine vital comme le remarque Lamarque (2004). Ils se déplacent tout deux sur des surfaces (selon la méthode des Kernels) d'approximativement 550 ha (noyau à 95%) délimitées par de nombreux grands déplacements sortant d'un ou plusieurs centres d'activités d'environ 50 ha (noyau à 50%). Ces centres d'activités, sur la période de l'étude, ne se situent jamais très loin de l'eau (< 6 km).

De par les relevés VHF en méthode MCP, on observe une évolution des aires d'activités en saison sèche, entre avril et juin, tendant à diminuer après la première pluie et à réaugmenter par la suite.

Cependant on observe une différence de comportement entre le mâle et la femelle étudiés avec l'arrivée de ces premières pluies.

Avec l'arrivée de la première pluie, on observe que le centre d'activité de la femelle se déplace d'un plateau vers un bas-fond. Cette observation vient rejoindre des conclusions du rapport ECOPAS (2006) qui remarque à plus grande échelle, que la distribution de cette espèce varie en fonction des saisons. D'avril à mi-mai, avant la première pluie, de 12 à 18 h, elle effectue des déplacements importants pour accéder aux mares permanentes (Belemsobgo, 1996; Lamarque, 2004). Ensuite, après la première pluie les ressources en eau ne sont pas connues. Toutefois des déplacements importants sont observés vers la rivière Tapoa en aval des mares permanentes de la rivière.

Le mâle, quant à lui, est fidèle, tout au long de l'étude, à un centre d'activité situé dans un bas fond de la réserve totale de Tamou qui fait tampon au Parc W. Malgré des recherches menées dans le domaine vital estimé, les ressources en eau du mâle demeurent inconnues. Sa situation à quelques kilomètres du front agricole pose de nombreuses questions d'autant plus que plusieurs troupeaux y ont été observés. Sont-ils attirés par les résidus de culture ? Comment sont-ils considérés par la population d'agriculteur ? Leur relation avec l'homme influence-t-elle leur comportement ?

Les modalités et les facteurs de dispersion au niveau des deux sexes sont très peu connus. De même, le processus de sélection des territoires des mâles par les femelles comme stratégie démographique qui permet de maintenir un matériel génétique diversifié, demeure un important domaine de recherche (Belemsobgo, 1996). A ce stade, nos données (données Argos juillet – août) ne corroborent pas d'hypothétiques grands déplacements en saison des pluies (juillet - août).

Conclusion

Cette phase test du projet Mobilité a permis de mesurer l'amplitude des mouvements de deux hippotragues émetteurs entre la fin de la saison sèche et le début de la saison des pluies 2006 grâce aux outils de télémétrie, VHF et Argos.

L'équipement de télémétrie est un outil indispensable pour travailler sur les trajectoires individuelles et un investissement qui devrait servir pour poursuivre ou étendre ce genre d'étude dans l'ensemble du Parc Régional du W. Bien que déjà rôdé sur le plan technique et dans d'autres régions du monde, ce type d'outils n'a encore que très rarement été utilisé en Afrique de l'Ouest, alors qu'il représente une véritable innovation pour l'étude et le suivi des grands mammifères en milieu difficile. Le coût élevé du matériel et la forte implication des ressources au suivi rebutent souvent l'utilisation de la télémétrie. De plus les systèmes choisis, Argos et VHF, sont limités. En effet le système Argos donne des localisations sur un intervalle de temps régulier mais avec un faible rendement conséquence d'un coût élevé de l'abonnement. Le système VHF quant à lui implique un investissement humain important qui devient intéressant que dans les sessions de relevés à court terme. Ils sont toutefois complémentaires et permettent de conjuguer des observations à deux échelles spatio-temporelles. Néanmoins, un important travail de sélection des données et d'analyse des bases de données est nécessaire pour estimer des formes et des tailles de domaines vitaux.

Une solution qui répond aux besoins d'abondance et de précision des localisations pour les calculs est la balise GPS. Ce système basé sur le même concept que des récepteurs usuels peut stocker plus d'un an de localisations à raison d'une localisation toutes les 30 minutes à une précision inférieure à 40 mètres (Moen *et al.*, 1997). Les données sont ensuite téléchargeables à distance. Mais les fortes demandes en énergie rendent souvent ce système peu fiable en terme de stockage de données (Mech and Barber, 2002).

Le semis de points Argos a permis de mettre en relief selon la méthode probabiliste des Kernels, une aire d'utilisation assimilable au domaine vital sur une échelle de temps de trois mois. Le semis de points VHF, à l'échelle de plusieurs heures sur quelques jours, a permis de mettre en relief selon la méthode MCP une utilisation plus fine de ce domaine vital et de décrire certaines activités journalières.

Une première analyse des données a porté sur les domaines vitaux, leur surface, leur composition mais également leur positionnement dans l'espace. Au sein des domaines vitaux, une zone fait l'objet d'une utilisation plus soutenue, appelées centre d'activité. Ces paramètres sont fortement sensibles à la méthode de calcul et à la répartition des données dans le temps.

Pour les hippotragues ce centre d'activité se situe non loin de l'eau dans des bas-fonds et des collines rocailleuses. Cette première conclusion offre une capacité d'analyse sur les paramètres pouvant influencer la position et la répartition de ces centres d'activités.

L'influence de facteurs abiotiques et biotiques, susceptibles d'engendrer de fortes hétérogénéités dans la distribution et la qualité des ressources clés, est facilement observable. Les premières observations montrent une influence de la première pluie en saison sèche et l'effet des feux de végétation sur la taille et position des centres d'activités des hippotragues.

De fait, les hippotragues semblent être dépendants du fractionnement de l'espace (feu et relief) mais doivent également organiser leurs mouvements en fonction de la disponibilité en eau durant la saison sèche.

Enfin la stratégie de reproduction et de relation sociale est à mettre en évidence. Des analyses phylogénétiques devraient apporter de plus amples informations à ce sujet.

Bibliographie

Addinsoft, C. (1995-2006). XLSTAT 2006.

Ansell, W. F. H. (1971). "Order Artiodactyla". In The Mammals of Africa: an Identification Manual. J. Meester and H. W. Setzer, Smithsonian Institute Press, Washington: 15-83

Baras, E. (1992). Contribution à l'étude des stratégies d'occupation du temps et de l'espace chez un poisson téléostéen dulcicole, le barbeau fluviatile, *Barbus barbus* (L.). Etude par radio pistage, pêche à l'électricité et observation directe, Université de Liège. **Thèse de doctorat en sciences**: 214pp.

Belemsobgo, U. (1996). "L'antilope cheval ou hippotrague, *Hippotragus equinus*, Desmarest, 1804." Le Flamboyant **38**: 21-25.

Bender, D. J., T. A. Contreras and L. Fahrig (1998). "Habitat loss and population decline: a meta-analysis of the patch size effect." Ecology **79**: 517-533.

Blanc, L. Fiche thématique 7.2 - ADE4, Analyse des données de radiopistage. [Online] [10/07/06] <<http://www.uni-sb.de/philfak/fb6/fr66/tpw/telem/software/wildtrak.htm>>.

Bothma, J. d. P. (2002). Game range management, fourth édition Van Schaik Publishers: 709 pp.

Calenge, C. (2002). Problèmes des études de la sélection de l'habitat sur des données de radiopistage : cas du sanglier en milieu méditerranéen. Rapport scientifique de l'Office National de la chasse et de la Faune Sauvage. Hatier: 50pp.

Chardonnet, P. and N. Chardonnet (2004). Compilers' introduction west and central Africa in perspective. Antelope survey update.

Daget, P. and Godron (1995). Pastoralisme : troupeaux, espaces et sociétés AUPELF - UREF Paris 510 pp.

ECOPAS (2006). Schéma d'Aménagement pour la Sécurisation des Habitats et des Parcours de la Faune du Parc Régional du W, Rapport ECOPAS European Union: 282 pp.

Garrot, R. A., G. C. White, R. M. Bartmann and D. L. Weybright (1986). "Reflected signal bias in biotelemetry triangulation systems." Journal of Wildlife Management **50**(4): 747-752.

Heitkonig, I. and N. Owen-Smith (1998). "Seasonal selection of soil types and grass swards by roan antelope in a South African savanna." African Journal of Ecology **36**(1): 57-70.

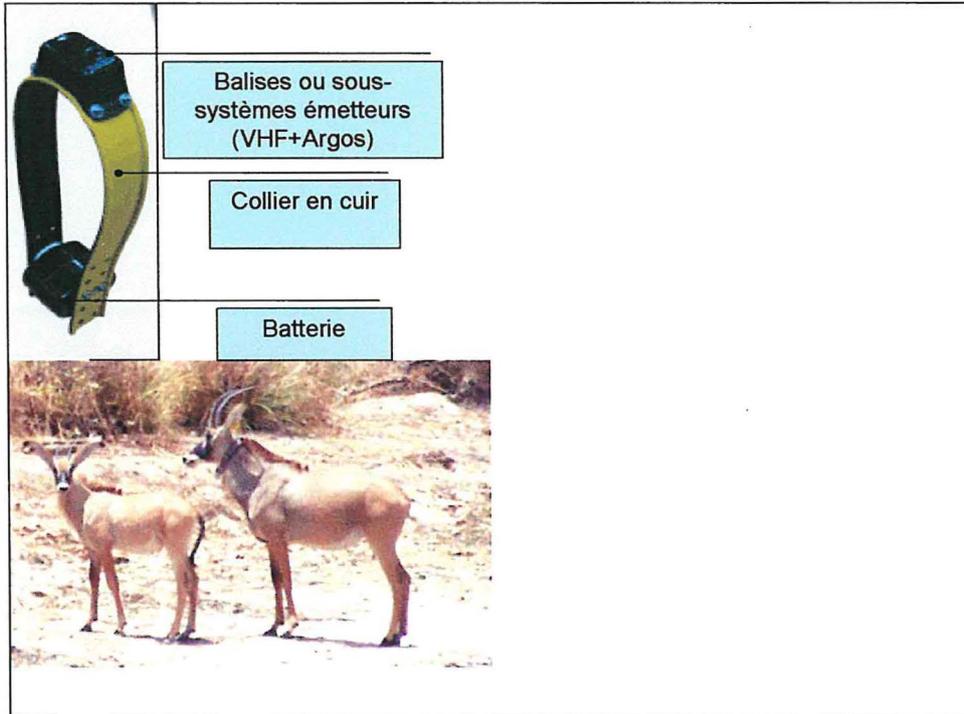
- Illius, A. W. and T. G. O'Connor (2000). "Resource heterogeneity and ungulate population dynamics." Oikos **89**: 283-294.
- Janeau, G. (1998). "Localisation de balises radio-émettrices VHF portées par des mammifères terrestres : principes, précision, limites et contraintes." Arvicola, Actes "Amiens 97": 11-18.
- Lamarque, F. (2004). Les grands mammifères du complexe WAP, ECOPAS, Union Européenne: 59 pp.
- Lenth, R. V. (1981). "On finding the source of a signal." Technometrics **23**: 149-154.
- Levins, R. (1970). "Extinction." Lectures Mathematics Life Sci. **2**: 75-107.
- Malachie, D. N. (2004). Eléments d'écologie de la population d'éléphants du parc national de Zakouma (Tchad). **Thèse Doctorale Engref Cirad Curess**: 335 p.
- Mech, L. D. and S. M. Barber (2002). A critique of wildlife radio-tracking and its use in national parks: a report to the US National Park Service US Geological Survey, Northern Prairie Wildlife Research Center, Jamestown, ND: 80p.
- Moen, R., J. Pastor and Y. Cohen (1997). "Accuracy of GPS telemetry collar location with differential correction." J. Wildl. Manage. **61**: 530-539.
- Mohr, C. O. (1947). "Table of equivalent populations of North American small mammals
" American Midland Naturalist **37**: 223-249.
- Mysterud, A., F. J. Perez-Barberia and I. J. Gordon (2001). "The effect of season, sex and feeding style on home range area versus body mass scaling in temperate ruminants." Oecologia **127**: 30-39.
- Poché, R. M. (1974). "Notes on the roan antelope (*Hippotragus equinus* (Desmaret)) in West Africa." J. Appl. Ecol. **11**: 963-968.
- Rabeil, T. (2003). Distribution potentielle des grands mammifères dans le Parc du W au Niger, Université Paris VII, France. **Diplôme de Docteur en Environnement : Milieux, Techniques, Sociétés**: 463 p.
- Saltz, D. (1994). "Reporting error measures in radiolocation by triangulation : a review." Journal of Wildlife Management **58**(1): 181-184.
- Saltz, D. and G. C. White (1990). "Comparison of different measures of the error in simulated radio-telemetry locations." Journal of Wildlife Management **54**(1): 169-174.
- Samuel, M. D., D. J. Pierce and E. Garton (1985). "Identifying areas of concentrated use within the home range." Journal of Animal Ecology **54**(711-719).
- Schmutz, J. A. and G. C. White (1990). "Error in telemetry studies : effects of animal movement on triangulation." Journal of Wildlife Management **54**(3): 506-510.

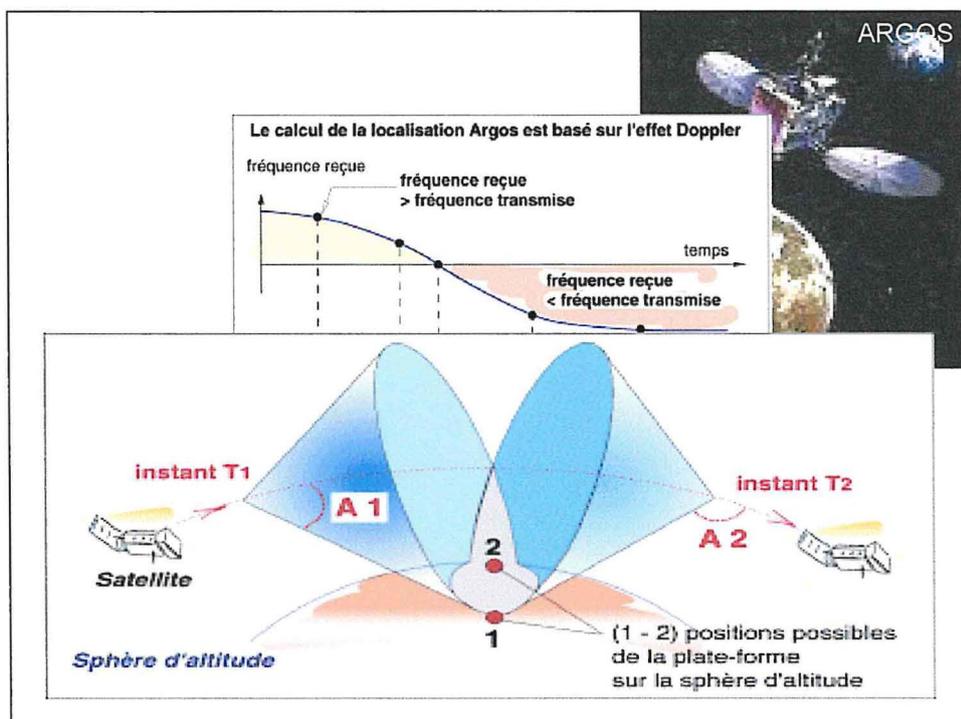
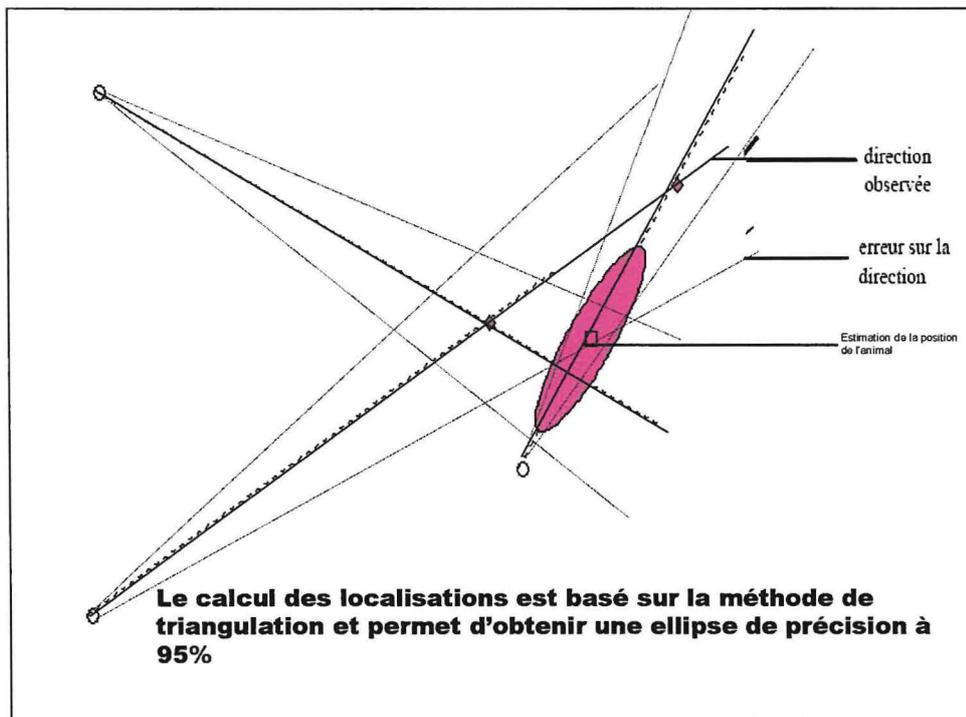
Taylor, P. D., L. Fahrig, K. Henein and G. Merriam (1993). "Connectivity is a vital element of landscape structure." Oikos **68**: 571-573.

White, G. C. and R. A. Garrott (1990). Analysis of Wildlife Radio-tracking Data
Academic Press, San Diego: 383p.

Annexes

Annexe 1. Système de télémétrie et calcul de précision des localisations (d'après Vectronic)





Annexe 2 : Nombre de localisations observées par balise, par jour et par classe de localisation. En T1 et en T2

T1

		Classe loc	Balise n°				
			57103	57104	57105	57106	57107
24/02/2006	J1	B A 0 1 2 3	2 3 1				
25/02/2006	J2	B A 0 1 2 3		2 1	3 3 1	1 2	1 1
26/02/2006	J3	B A 0 1 2 3					
27/02/2006	J4	B A 0 1 2 3	No data				
28/02/2006	J5	B A 0 1 2 3		3 1 2 1 1	4 2 1	3 4 1	No data
01/03/2006	J6	B A 0 1 2 3					
02/03/2006	J7	B A 0 1 2 3	No data				

		Classe loc	Balise n°				
			57103	57104	57105	57106	57107
03/03/2006	J8	B		2	3	2	5
		A		1	1	1	
		0					
		1		1	1		
		2		1		2	
		3		1			
04/03/2006	J9	B					
		A					
		0					
		1					
		2					
		3					
05/03/2006	J10	B	3				
		A	1				
		0					
		1					
		2	1				
		3					
06/03/2006	J11	B			4		
		A		3	1	5	No data
		0					
		1					
		2		1	1	1	
		3	2		1		
07/03/2006	J12	B					
		A					
		0					
		1					
		2					
		3					
08/03/2006	J13	B					
		A					
		0					
		1					
		2	1				
		3					
09/03/2006	J14	B					
		A					
		0				1	
		1					1
		2					
		3					
Total :			13	23	25	24	8

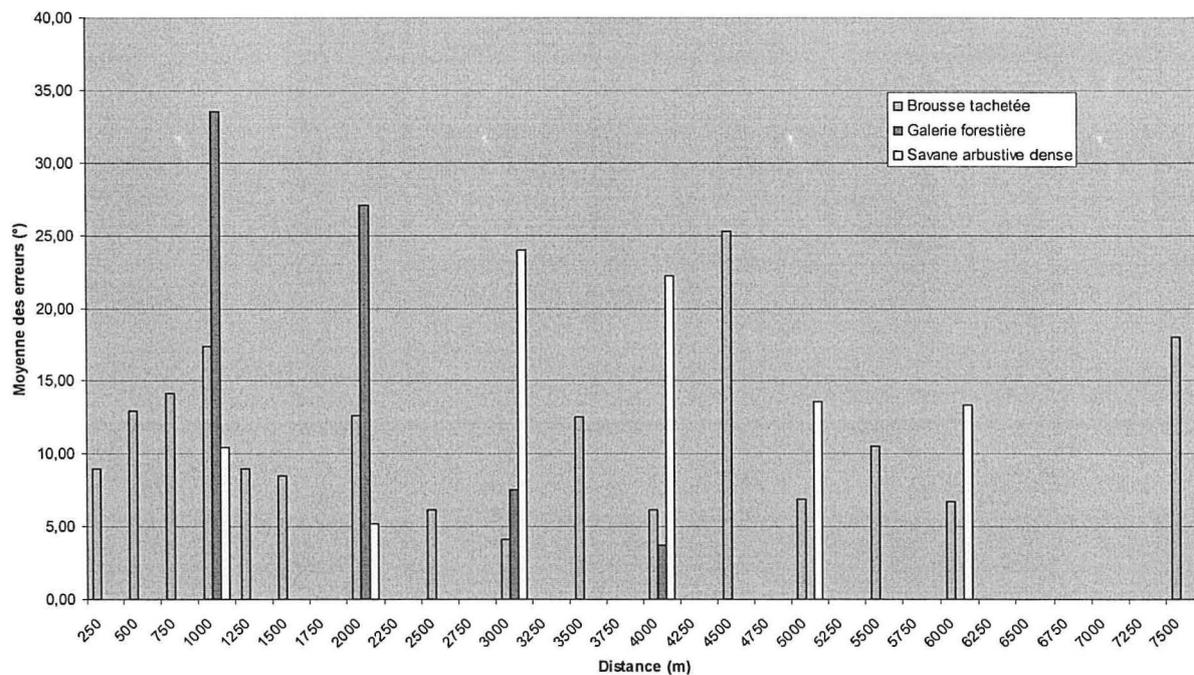
T2

Date	Classe de localisation	balise n°			Total
		57103	57106	57107	
26/05/06	B		1	2	3
	A		2	1	3
	0				
	1				
	2				
27/05/06	3			1	1
	B				
	A				
	0				
	1				
28/05/06	2				
	3				
	B	No data			
	A				
	0				
29/05/06	1				
	2				
	3				
	B		2	1	3
	A		3		3
30/05/06	0			1	1
	1				
	2				
	3		1	1	2
	B				
31/05/06	A	2			2
	0				
	1				
	2	1			1
	3				
01/06/06	B		1	6	7
	A		2	1	3
	0				
	1				
	2		1		1
01/06/06	3			1	1

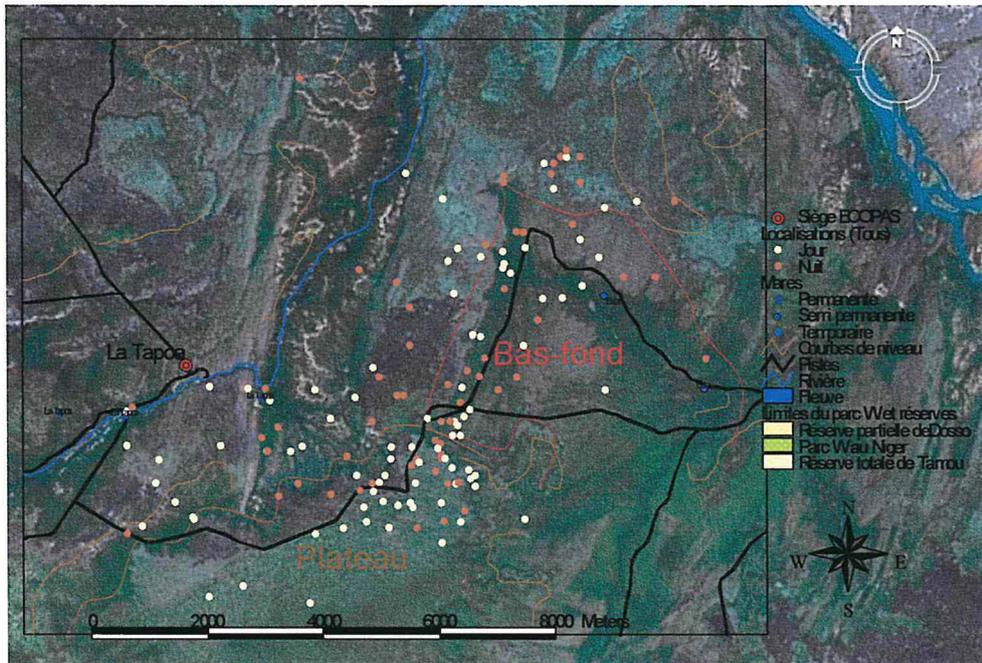
Date	Classe de localisation	57103	57106	57107	Total
02/06/06	B A 0 1 2 3				
03/06/06	B A 0 1 2 3	No data			
04/06/06	B A 0 1 2 3		No data	2 2 1	2 2 1
05/06/06	B A 0 1 2 3				
06/06/06	B A 0 1 2 3	3			3
07/06/06	B A 0 1 2 3		Fin	2	2
08/06/06	B A 0 1 2 3				
09/06/06	B A 0 1 2 3	No data			

Date	Classe de localisation	57103	57106	57107	Total
10/06/06	B			1	1
	A			3	3
	0				
	1				
	2				
11/06/06	3				
	B				
	A				
	0				
	1				
12/06/06	2				
	3				
	B	3			3
	A				
	0				
13/06/06	1				
	2				
	3	1			1
	B			1	1
	A			1	1
14/06/06	0				
	1				
	2				
	3				
	B				
15/06/06	A				
	0	1			1
	1	1			1
	2				
	3				
Total		12	13	30	55

Annexe 3. Moyenne des erreurs sur les azimuts en fonction de la distance et du type de végétation.



Annexe 4. Localisations jour et nuit de la femelle à partir données regroupées Argos et VHF sur fond d'image satellite.



Annexe 5. Localisations jour et nuit avec heures du mâle à partir données regroupées Argos et VHF sur fond d'image satellite.

