

## *Introduction générale*

## Introduction générale

La Cigogne blanche est une espèce dont la population a observé un déclin depuis les années 1930, ce déclin s'est accentué après les années 1950, notamment la population d'Europe occidentale (Schüz 1980) et celle d'Afrique du Nord (Bouet 1936). Suite à ce déclin marqué, cette population a fait l'objet de nombreuses études traitant fondamentalement de sa dynamique de population dans des régions distinctes à travers son aire de nidification (Schierer 1967, Schüz et Szijj 1975 ; Bernis 1981, Barbraud *et al.* 1999 ; Tryjanowski *et al.* 2004, Molina et Del Moral 2005 ; Tryjanowski *et al.* 2006, Vergara *et al.* 2007 b ; Moali-Grine *et al.* 1995, Moali-Grine *et al.* 1999 ; Moali-Grine *et al.* 2004, Moali-Grine 2007). Ainsi que d'autres aspects en relation avec la biologie de la reproduction tel que la fidélité aux lieux de nidification et au couple, la construction des nids (Meybohm et Dahms 1975, Meybohm et Fiedler 1983 ; Des études sur l'élevage des jeunes et les causes de mortalité des poussins ont aussi été menées (Dybbro 1972, Schierer et Metais 1981 ; Tortosa et Redondo 1992). D'autres recherches sur le comportement de l'espèce ont été également réalisées (Schmitt 1967, Kahl 1972 ; Schüz 1984, Tortosa 1992 ; Tortosa et Redondo 1992, Tortosa *et al.* 2002 ; Zieliński 2002, Aguirre 2006 ; Djerdali *et al.* 2008a).

La reprise de ses effectifs après les années 1990 (Schulz 1999), aurait eu plusieurs causes dont la principale serait la nourriture disponible dans les décharges d'ordures ménagères qui a été largement étayée surtout dans la péninsule ibérique (Blanco 1996, Tortosa *et al.* 2002 ; Aguirre 2006 ). Ce changement dans la disponibilité en ressources alimentaires pourrait avoir un impact sur deux paramètres bioécologiques qui sont reliés l'un à l'autre, le changement dans le comportement migratoire qui pourrait engendrer l'augmentation des effectifs par l'élévation présumée du taux de survie qui en découle.

En effet, la migration est une stratégie adaptative qui survient pour adapter les demandes alimentaires des individus aux disponibilités temporaires de ressources (Perez-Tris et Telleria 2002).

Durant les trois dernières décades, d'importantes avancées ont été réalisées sur les connaissances de l'écologie du comportement qui ont permis de comprendre la plupart des fonctions adaptatives du comportement animal et notamment celui des oiseaux

(Krebs et Davies 1987, 1993 ; Sasvari et Heygi 2001, Aguirre 2006 ; Wiebe *et al.* 2007, Meathrel et Carey 2007). Ces Patrons de comportement seraient le fruit de pressions évolutives qui ont touché surtout à la valeur adaptative des individus.

Chaque individu essayera de réaliser le maximum d'apport de ses propres gènes à la génération suivante, aussi bien à travers ses propres descendants, donc maximiser sa valeur adaptative (fitness), qu'à travers les individus apparentés donc sa valeur adaptative globale (inclusive fitness) (Hamilton, 1964). Cependant, les adultes doivent adapter adéquatement leur effort reproducteur du moment que la dépense d'énergie et de temps allouée aux nichées peut limiter leur probabilité de survie (Williams, 1966), ce qui serait au détriment du succès reproducteur total que chaque individu accumule le long de sa vie fertile (Newton 1998). Le concept d'effort reproducteur formulé par Williams (1966) inclue tous types d'activités suivies pour la production de descendants viables telles que la construction et la défense du nid, la formation du couple ou l'intervention directe dans l'alimentation et la défense des poussins, toutes ces activités font part du soin parental défini comme comportement qui améliore la fitness des poussins et qui est une composante clé des histoires de vie et systèmes de reproduction (Clutton-Brock 1991, Roff 1992).

Le soin parental est supposé évoluer suivant un compromis entre les bénéfices de l'augmentation de survie des rejetons (offspring) et les coûts de la réduction de la survie et la future reproduction des adultes (Reynolds et Székely 1997). Jusqu'à présent, beaucoup d'aspects se référant aux différentes fonctions adaptatives de certains comportements tels que la distribution de la nourriture aux poussins dans la nichée ou certains mécanismes qui peuvent régler l'effort reproducteur utilisant la réduction de la nichée (Lack 1954), comme la variation de la taille des œufs dans la même nichée (Slagsvold *et al.* 1984) ou l'asynchronie d'éclosion (Magrath 1990) sont encore un motif de controverse par exemple, malgré le grand nombre d'études sur la variation de la taille des œufs dans la même nichée, la signification de ce mécanisme est encore équivoque (Christians 2002, Kontiainen *et al.* 2008).

L'un des facteurs les plus importants d'une reproduction avec succès chez les oiseaux c'est la disponibilité alimentaire. Lack (1947, 1954) suggère qu'une réduction de la taille de la nichée par rapport à la couvée est une réponse adaptative des oiseaux aux variations stochastiques des disponibilités en ressources alimentaires. Cette

réduction peut découler de l'abandon, de l'infanticide ou du fratricide d'un ou de plusieurs jeunes.

Des synthèses récentes sur les expérimentations par apport de nourriture confirment l'idée que généralement l'apport de nourriture augmente le succès reproducteur, la taille des couvées, le volume des oeufs et la survie des oiseaux (Christians 2002, Robb 2008). Les mêmes effets sont aussi observés en présence de nourriture supplémentaire émanant des déchets d'ordures ménagères en ce qui concerne les différents paramètres de la reproduction (Tortosa *et al.* 2002, Aguirre 2006).

Ainsi la disponibilité des ressources alimentaires dans les milieux de reproduction et dans les zones d'hivernage est le facteur clé qui règle le taux de survie, les effectifs et la condition physique des populations des individus de la Cigogne blanche (Dallinga et Schoenmakers 1987 ; Struwe et Thomsen 1991, Tryjanowski et Kuźniak 2002 ; Schaub *et al.* 2005, Saether *et al.* 2006 ; Profus 2006a ).

S'il est vrai que la Cigogne blanche a fait objet en Algérie d'études sur sa dynamique de population et son régime alimentaire (Moali *et al.* 1992, Moali-Grine 1994 ; Boukhemza *et al.* 1995, Moali-Grine *et al.* 1995 ; Boukhemza *et al.* 1997, Moali *et al.* 1999 ; Boukhemza 2000 ; Moali-Grine 2007), les données sur sa biologie de la reproduction ou sur son comportement sont rares, d'autant plus que ces aspects de l'écologie du comportement étudiés lors de ce travail sur la Cigogne blanche serviront à l'ornithologie en général, comme ils peuvent aussi être extraits au sein du terrain de l'écologie évolutive.

D'autre part la Cigogne blanche est une espèce convenant à l'étude d'aspects comportementaux déterminés dû à son caractère anthropique marqué et sa relative abondance dans certaines localités ce qui permet d'accéder facilement aux nids.

#### **a) Objectifs de la thèse**

L'objectif de cette thèse est d'apporter du nouveau à des problèmes déjà étudiés chez d'autres espèces aviaires qui s'inscrivent dans le cadre du domaine de l'écologie évolutive concernant l'effet de la nourriture supplémentaire sur les paramètres de la reproduction. Cette nourriture supplémentaire est représentée ici par les décharges publiques et particulièrement les dépotoirs de déchets de la volaille qui sont en expansion dans la région de Sétif et utilisés par La Cigogne blanche comme nouvelle ressource.

Donc le travail entre autres, consiste à mettre au point l'impact de ces nouvelles ressources sur :

- les paramètres des œufs (taille de ponte, date de ponte, taux d'éclosion, volume des œufs, patron de variation de la taille des œufs à l'intérieur des nichées).
- Les poussins (poids des poussins à l'éclosion, effet du volume des œufs sur le poids des poussins et par conséquent sur la survie de ces derniers).
- Le nombre créé de poussins (succès de la reproduction).

On a donc supposé que les oiseaux qui avaient accès à ces décharges et dépotoirs, faisaient partie d'une expérience naturelle induite par l'homme et préconisé une plasticité dans l'adaptation à ces nouvelles circonstances sous une grandeur positive.

On a aussi voulu apporter un plus dans le domaine de l'écologie du comportement touchant l'investissement parental en ce qui concerne une question équivoque : qui est le premier responsable du contrôle de la répartition de la nourriture dans la nichée chez une espèce à nourrissage indirect, les parents ou les poussins?

On a jugé que la cigogne était le meilleur spécimen pour réaliser cette expérience où on a supposé un éventuel rôle dans la stratégie de la régulation de la nichée, puisque l'expérience consiste en une manipulation des différences dans la masse corporelle entre les individus de la nichée en augmentant la taille du poussin de rang élevé (senior). On a donc émis l'hypothèse que les parents soient sensibles à la taille du poussin senior et on a supposé une augmentation dans la taille des proies délivrées à la nichée quand la taille du poussin senior est expérimentalement augmentée. Néanmoins, les poussins juniors ne pourraient pas toujours s'accaparer des proies de grande taille.

Donc ce travail, essaye d'exposer les stratégies utilisées par la Cigogne blanche pour optimiser son investissement dans la reproduction.

## **b) Organisation de la thèse**

Ce travail est présenté sous forme de chapitres séparés dont chacun est présenté et discuté de la même manière qu'un article scientifique, de cette forme chaque aspect particulier peut être exposé et discuté d'une manière indépendante. Pour éviter des répétitions dans les listes bibliographiques dans chaque chapitre, nous avons fait une seule liste à la fin de la thèse.

## **Chapitre 1**

Dans ce chapitre on a présenté le milieu d'étude avec une caractérisation climatique.

## **Chapitre 2**

Il traite la dynamique de population de la Cigogne blanche. Au cours de ce chapitre nous présentons les tendances globales des effectifs de la population en Algérie entre 1935 et 2007 à partir de données bibliographiques et des résultats du recensement national de la D.G.F. en 2007. Nous avons essayé de discuter plusieurs aspects sur les paramètres de la reproduction entre 1993, année de déclin de l'espèce et l'année 2007. Cette tendance de la population est aussi discutée dans la région de Sétif entre 1935 et 2007 où on présente la localisation et l'importance numérique des colonies de la cigogne blanche entre 2001 et 2007. La densité des couples nicheurs, l'emplacement des nids et la variation du succès de la reproduction en fonction de la nature du support du nid entre 2002 et 2007 sont présentés. Enfin on a abordé la sédentarité de l'espèce dans la région de Sétif entre 1999 et 2007.

## **Chapitre 3**

Il expose les résultats de l'impact des décharges et dépotoirs de déchets de la volaille sur le succès de la reproduction de l'espèce, au cours de quatre saisons de reproduction entre 2002 et 2005 faisant ressortir une interaction intéressante entre climat (pluviométrie) et disponibilité alimentaire en 2002.

## **Chapitre 4**

Ce chapitre traite le processus de la formation des couples, la relation entre la date de retour aux nids et la formation des couples, le choix du nid en fonction de sa taille. La relation entre la date de retour et le diamètre du nid, la relation entre le diamètre du nid et la durée mise pour avoir un partenaire. La construction du nid et l'effet de la taille de ce dernier sur les paramètres de la reproduction. Ces résultats exposent les trois saisons de reproduction 2002, 2003 et 2004.

## **Chapitre 5**

Ce chapitre traite la biologie de la reproduction de la Cigogne blanche durant les trois saisons 2002, 2003 et 2004 par l'étude :

- Des paramètres des œufs (taille de ponte, date de ponte, taux d'éclosion, volume des œufs, patron de variation de la taille des œufs à l'intérieur des nichées).

**D.G.F.** Direction générale des Forêts.

- Des poussins (poids des poussins à l'éclosion, effet du volume des œufs sur le poids des poussins et par conséquent sur la survie de ces derniers).

Tous ces paramètres sont discutés en fonction de la disponibilité alimentaire.

Les chapitres 5 et 6 abordent des stratégies adoptées par les parents qui rentrent dans le cadre de l'investissement parental dans la reproduction et leur rôle dans la régulation de la nichée (Brood reduction) et par conséquent, les résultats sont discutés selon la valeur adaptative de ces stratégies d'investissement parental sur leur efficacité biologique (Fitness).

## **Chapitre 6**

Expose principalement l'expérience menée en 2004 qui complète celle menée en Espagne en 1996 qui consiste en une manipulation des différences dans la masse corporelle entre les individus de la nichée en augmentant la taille du poussin de premier rang (senior) pour voir l'investissement et le comportement des parents de la Cigogne blanche dans le contrôle de la répartition de la nourriture dans la nichée. Ce chapitre expose aussi les résultats des asymétries dues à l'éclosion asynchrone dans la taille des poussins à l'intérieur des nichées et les taux de mortalité au cours des trois saisons de reproduction 2002, 2003 et 2004 sous des conditions climatiques différentes.

## **Chapitre 7**

Dans ce dernier chapitre sont présentés les résultats des cas d'infanticide parental rencontrés dans nos colonies au cours des saisons de reproduction 2002, 2003 et 2004 qui sont discutés avec les autres hypothèses émises par les auteurs ayant travaillé sur le thème (Zielinski 2002, Tortosa et Redondo 1992) et où on a essayé de sortir avec notre propre hypothèse.

### **c) Méthodologie générale**

Nous allons exposer de forme globale la méthodologie suivie durant la réalisation de ce travail. Le recueil de données a été effectué durant les saisons de reproduction 2002 à 2005 pour le comptage des couples et jeunes aux nids et l'effet des décharges et dépotoirs des déchets de la volaille dans toute la région de Sétif englobant 16 dairats, 47 communes avec 88 colonies. Le travail s'est effectué sur un total de 601 nids en 2001, 806 en 2002, 776 en 2004 et 837 en 2005.

Le nombre de nids considérés sous l'influence de la décharge pour voir l'impact de cette dernière sur le succès de reproduction était de 371 en 2002, 531 en 2003, 548 en 2004 et 692 en 2005 qui sont représentés par les colonies se trouvant sur tout le territoire aux localités de Guellél, Mezloug, El Eulma, Ain Abessa, Ain Oulmène, Ain Azel, Bougaâ, Maoklane. Le nombre de nids témoins était de 230 en 2002, 275 en 2003, 228 en 2004 et 145 en 2005, se trouvant dans les territoires de Beni Fouada (colonie de oued Essafsaf), Béni Aziz (colonies de Ain essebt et Ain Djawhra), Ain El Kebira (colonie de Mredj midoune), Ouled Adouane (Colonie de Merdjjet Essid, colonie de Ouled Aiche), Beida bordj, Ouricia (Oued Ouricia), (Ain Erromène), Ain Roua (Beni Zerig).

La dynamique de population de la Cigogne blanche a été suivie sur une durée s'étalant de 2001 à 2007.

La sédentarité de l'espèce dans la région est suivie depuis 1999 à 2007.

Les nids sélectionnés pour les données sur la ponte, les poussins et autres aspects sur l'écologie du comportement tels que la reconstruction des nids, le contrôle de la répartition de la nourriture dans la nichée (chapitre 6), et l'infanticide (chapitre 7) sont situées dans la région de Ain Azel, (35°49' N, 05°31' E; 900 mètres d'altitude), au niveau de trois colonies de reproduction. La ferme : Lagouarda (colonie 1), la ferme Lasgâa (colonie 2) et la ferme Rimit (colonie 3).

**1- Ferme Lagouarda (colonie 1) :** située au Nord de Ain Azel, c'est une ancienne colonie où les nids sont bâtis dans leur presque totalité sur des arbres de frêne *Fraxinus angustifolia* et d'orme *Ulmus campestris* dont les hauteurs sont situées entre 3 et 10 m. Le nombre de nids est en hausse depuis 2001 dans cette colonie et est passé de 32 en 2001 à 40 nids en 2005.

La colonie se trouve dans une agglomération de quelques habitants entourée de champs de céréales principalement de blé et d'orge avec des cultures maraîchères et une bonne irrigation pendant toute la période de reproduction.

Ces colonies sont entourées par des terrains agricoles où les céréales dominent.

**2- La colonie Lasgâa (colonie 2) :** Située à l'Est de Ain Azel, c'est une ferme d'élevage de bovins où les terrains aux alentours sont aussi des cultures de céréales et cultures maraîchères tout le temps bien irrigués. Les nids sont bâtis sur des frênes, des ormes et des peupliers, trois nids sont bâtis sur un vieux mur de maison démolie. Les hauteurs varient entre 4 à 12 m. Cette colonie n'est pas habitée. Le nombre total de nids y est de 18.



**3- La colonie Rimit (colonie 3) :** Située au Sud est de Ain Azel. Cette station est formée par une variété d'arbres représentés par des frênes, des peupliers, des ormes, des platanes et de l'olivier sauvage. Les nids sont bâtis sur le frêne et l'orme dont les hauteurs varient de 3 à 9 m. Le nombre de nids est de 12.

L'emplacement de ces trois stations était très intéressant du fait qu'elles ont bénéficié durant certaines années des décharges émanant des fermes d'élevage du poulet qui servaient à procurer de la nourriture supplémentaire aux oiseaux qui nichaient dans les colonies à proximité. Cette situation nous a permis de comparer ce qui se passe sous des conditions distinctes de disponibilité alimentaire pour les paramètres de la reproduction et par conséquent sur la survie des oiseaux. Ceci a créé une situation pseudoexpérimentale.

Tous les nids sont marqués par une étiquette en plastique attachée à l'arbre portant un numéro par un stylo indélébile afin de faire les suivis.

Dans notre travail, durant deux années et dans deux différentes colonies, les fermes d'élevage de poulet étaient soit fermées comme pour la colonie 1 en 2004 ou opérationnelle tard au cours de la saison de reproduction comme pour la colonie 3 en 2002.

Les nids n'ayant pas bénéficié de cette nourriture supplémentaire au cours de 2002 et 2004 ont fait l'objet de nids témoins dans les analyses concernant les différents paramètres de la reproduction, le poids des poussins à l'éclosion et la survie de ces derniers.

Ces données sont récupérées durant les trois saisons de reproduction 2002, 2003 et 2004 à partir du mois de Décembre pour la date d'arrivée des couples nicheurs, la formation des couples, les relevés de la taille des nids, et ensuite le suivi de la ponte à partir du mois de Mars et les éclosions à partir du mois d'Avril, la mortalité et la dynamique de croissance sont suivis depuis l'éclosion jusqu'à l'envol au mois de Juillet.

Le nombre de nids suivis pour les paramètres de la reproduction est de 46 nids en 2002, 52 nids en 2003 et 51 nids en 2004 dans les trois colonies et dont la majorité se trouvent dans la station 1. Les nids sont généralement visités tous dans la même journée dans les trois stations. La taille des échantillons variait selon les variables étudiés pour inconvénient du travail de terrain des fois difficile à réaliser.

Les nids sont visités tous les deux à trois jours depuis le début de la ponte jusqu'à la fin de cette dernière à fin de suivre la chronologie de l'ordre de ponte et déterminer la taille

de celle-ci. Après que l'incubation avait commencé, les nids n'étaient plus visités jusqu'à la date supposée d'éclosion, qui est d'un mois après le commencement de l'incubation.

A partir de l'éclosion les visites au nid reprennent avec un intervalle de 1 à 3 jours suivant l'état des œufs (œufs picorés ou non), à fin de suivre l'ordre d'éclosion des poussins, prendre leur poids à la naissance et les marquer avec une peinture de couleur aux ongles pour distinguer leur ordre d'éclosion et déterminer la taille de la nichée.

La dynamique de croissance des poussins a été suivie de l'éclosion à l'envol et les données sont recueillies tous les 5 jours (rang 4-6jours).

Le volume des oeufs est estimé à partir des mesures de la longueur et du diamètre. Les mesures sont prises durant les trois saisons de reproduction 2002, 2003 et 2004, un total de 378 œufs a été mesuré.

Dans son étude, Tortosa (1992) sur l'effet de la manipulation dans les nichées de la Cigogne blanche les résultats ont montré l'absence de différences dans la taille de ponte, le succès d'éclosion entre les nichées manipulées et celles non manipulées ce qui suggère que les dérangements causées par la présence du manipulateur ont été bien tolérés.

Pour le contrôle de la répartition de la nourriture dans la nichée C'est une expérience mixte effectué dans le terrain algérien et dans le terrain espagnol suite à la faible taille de l'échantillon en 1996, qui avait pour cause les difficultés de trouver des nichées appropriées pour réaliser cette expérience chez la Cigogne blanche (même date de ponte, même taille de ponte, même taille de nichée), on a donc décidé de reprendre l'expérience du changement du poussin A « exchange experiment » en 2004 en Algérie en suivant le même protocole expérimental qui consiste à créer une asymétrie prononcée dans la nichée (voir chapitre 6), notamment que les conditions climatiques étaient les mêmes puisque autant en 1996 en Espagne qu'en 2004 à Ain Azel la pluviométrie dépassait la moyenne annuelle, donc c'était une année de bonnes conditions environnementales pour la Cigogne blanche.

Concernant l'infanticide parental, les observations directes des actes d'infanticide sont faites par nous même ou par l'assistant de terrain qui habite sur place ou par les riverains qui habitent à proximité de la colonie.

Pour comparer les paramètres de reproduction entre les couples infanticides et non infanticides, les nids utilisés comme témoins sont les nids avec le même rang de taille de ponte que les nids à infanticide et comme la taille de ponte est affectée par la date de ponte, on a seulement utilisé les nids avec le même rang de date de ponte que les nids à infanticide.

#### **d) Traitements statistiques**

La relation entre les différentes variables est testée par corrélation linéaire simple (Pearson  $r$ ) quand les variables avaient une distribution normale et par la corrélation de Spearman (Spearman  $R$ ) quand les variables ne répondaient pas à la normalité.

Pour les comparaisons entre deux groupes indépendants on a appliqué le test  $t$  unilatéral quand les variables sont normales et le test U de Mann Whitney dans le cas contraire.

La comparaison de deux échantillons associés par paires a été réalisé par le test de Wilcoxon (Wilcoxon matched pairs test).

Les analyses de la variance (ANOVA) à un ou deux facteurs sont utilisées pour tester l'effet de facteurs indépendants sur les différentes variables dépendantes et catégoriser les groupes, quand les variables dépendantes n'étaient pas normales, des transformations ont eu lieu si non on utilisait les statistiques non paramétriques, l'ANOVA de Kruskal -Wallis.

La plupart des résultats sont traités par analyse de la covariance multiple (MANCOVA), afin de tester l'effet de plusieurs facteurs indépendants contrôlés par une variable continue et les interactions éventuelles entre les différents facteurs.

Dans ces analyses le facteur « nid » est entré dans le modèle comme facteur aléatoire pour éviter la pseudoréplication (Hulbert 1984), ce qui permet de contrôler la variance due aux particularités hasardeuses qui ne peuvent pas être contrôlées dans chaque nid dues au comportement et à la qualité des parents.

Donc ce facteur aléatoire estime l'effet qui se manifeste par l'ajout de variance (Underwood 1997).

Pour analyser les données de la répartition de la nourriture dans les nichées, nous avons utilisé une ANOVA factorielle hiérarchique (Factoriel Nested ANOVA) par le biais du modèle général linéaire (GLM).

Les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant SAS (statistical package, SAS Inc. 9, 2003) pour les analyses de la covariance (ANCOVA), ce programme a l'avantage de travailler avec des variables dépendantes qui ne peuvent pas s'ajuster à une distribution normale. On a également utilisé STATISTICUA pour Windows version 6.0 pour le reste des analyses.

Pour toutes les analyses, on a utilisé l'indice de fiabilité  $P < 0,05$  mais aussi on a discuté quelques résultats avec  $0,05 < P < 0,09$  marginalement significatifs.

La différence de masse corporelle entre les poussins à l'intérieur de la nichée est mesurée par un index d'asymétrie (Bryant 1978) calculé :

$$\frac{(\text{Masse du poussin le plus lourd}) - (\text{Masse du poussin le plus léger})}{\text{Masse moyenne de la nichée}}$$

La dynamique de croissance des poussins sujets à l'infanticide est exprimée en pourcentage du poids initial à l'éclosion et elle est calculée par :

$$\Delta \text{ Masse du Poussin tué} = \frac{\text{Pds à l'infanticide} - \text{Pds initial (à l'éclosion)}}{\text{Pds à l'infanticide}} * 100$$

$\Delta$  Masse du Poussin tué: (taux de croissance de la naissance à l'infanticide).

Pds : poids.

Le calcul du volume des œufs est estimé à partir de la méthode proposée par Väisänen (1969) in Bogucki et Özgo (1999 b) qui est la suivante :

$$EV = a + b D^2 L$$

EV= Volume estimé

D : diamètre de l'œuf

L : Longueur de l'œuf

a et b sont des coefficients spécifiques de l'espèce et peuvent être calculés à partir des mensurations des œufs.

Ces coefficients ont été calculés par Bogucki et Özgo (1999 b) à partir d'une régression linéaire avec un coefficient de corrélation de 0.99901 et un indice de fiabilité  $< 0.001$ .

Les coefficients a et b spécifiques à la cigogne sont respectivement de 1.1203 et 0.4820.

La formule est donc :  $EV = 1.1203 + 0.4820 D^2 L$

Pour tester l'effet de la nourriture supplémentaire sur le poids des poussins à l'éclosion on a procédé par une analyse de la covariance multiple.

Les cartes de répartition des effectifs des couples nicheurs ont été réalisées par Mapenfo version 9.0.

***Chapitre 1***  
***Présentation de la région d'étude, caractérisation***  
***climatique***

### **1.1. Situation géographique et caractéristiques de la région de Sétif**

Située dans le nord-est algérien, la région de Sétif s'enferme dans les frontières naturelles qui sont au Nord les premiers contreforts du massif des Babors, et au Sud les monts orientaux du Hodna, le massif de Boutaleb, à l'Est elle est limitée par la plaine de Tadjanet et à l'Ouest par la plaine de Bordj-Bou-Arréridj. Elle se situe géographiquement entre 05°00' 06°00' de longitude Est et entre 35°40' et 36°35' de latitude Nord. La région d'étude s'étend sur une superficie de 6504 Kilomètres carrés soit 0,27 % de la surface du territoire national, comprend 60 communes réparties sur 20 daïrates. Administrativement, d'après la loi 09/84, elle est limitée par plusieurs wilayets : au Nord par Béjaïa et Jijel, à l'Est par Mila et Oum-el-Bouaghi, au Sud par Batna et M'sila et à l'Ouest par Bordj Bou Arreridj. La ville de Sétif est distante de 300 km d'Alger la capitale. Selon les caractéristiques géomorphologiques, pédologiques et climatiques, la région de Sétif peut être subdivisée en trois zones septentrionale, centrale, et méridionale (figure 1).

#### **1.1.1. La zone septentrionale**

Appelée encore le Tell Sétifien se caractérise par un relief accidenté. L'altitude dépasse rarement les 1200 m sauf pour quelques axes montagneux constitués par les monts de Babor à l'extrême Nord culminant à 2004 m, au Sud-ouest par la zone Djebel Mégress, haut de 1734 m, au Nord-est les monts de Djemila dont leur altitude varie entre 800 et 1200 m. c'est une zone de montagne Agro-sylvicole à paysage souvent fermé non recherché par la Cigogne blanche.

A partir de ces axes montagneux, le relief s'abaisse doucement vers le Sud et se stabilise aux alentours de 950m aux environs de Sétif et El Eulma. Les sols de cette zone sont lourds (Vertisols) reposant sur un substrat marno et marno-calcaire (Fenni, 2003). Notant que les précipitations varient entre 400 et 800 mm de pluie par an.

#### **1.1.2. La zone centrale**

Elle représente les hautes plaines sétifiennes proprement dites. Ces dernières se caractérisent par des vastes plaines à relief plat à ondulé. Elle est



**Figure 1.** Carte représentative de la région de Sétif

représentée par des formations alluviales et colluviales. Elles reposent sur des pentes faibles ne dépassant guère 3 %. La topographie perd de son accentuation pour exposer de vastes étendus sans relief apparent riche en zones humides tels que Oued



Boussellem, Oued El Ouricia, Oued Ain Abessa où un grand nombre d'arbres sur les ripisylves est noté servant de supports favorables à la nidification de la Cigogne blanche. C'est la zone à vocation céréalière. L'altitude moyenne varie entre 950 et 1000 m.

Les sols de cette zone sont en majorité calci-magnésiques. Les précipitations moyennes oscillent entre 350 et 400 mm de pluies par an.

### **1.1.3. La zone méridionale**

Elle se caractérise par un relief plat. L'altitude moyenne varie entre 900 et 1000 m. Elle englobe deux zones, la première est une zone de basses plaines à vocation Agropastorale où on note un effectif élevé de cigognes et la seconde est une zone de montagne Sud à vocation Agro-sylvo-pastorale.

Nous distinguons dans cette zone, les plaines des sebkhas de Ain El-Hadjar caractérisées, comme leur nom l'indique, par la présence de plusieurs sebkhas et chotts, les plus importants sont chott Beida (875 m d'altitude), chott El-Fraïne (900 m), Sebkhat Bazer (910 m), Sebkhat El-Hamiet (900 m), Sebkhat Saboun (810 m). Le relief aplani autour d'une altitude moyenne de 900 m, est organisé autour de petites montagnes comme Djebel Z'dim (1258 m), Djebel Youssef (1442 m) et Djebel Boutaleb dont l'altitude dépasse les 1500 m. Leur relief est formé dans des roches de calcaires dures, des marnes et des grès. Cette chaîne limite les hautes plaines sétifiennes et constitue un écran entre ces dernières et la dépression du Chott El-Hodna. On note au niveau de cette zone 300 à 350 mm de pluies par an.

## **1.2. Climatologie**

L'influence du climat sur la dynamique des populations et sur leur comportement est évidente.

Les hautes plaines sétifiennes se caractérisent par un climat de type méditerranéen avec une saison estivale longue, sèche et chaude, alternant avec une saison hivernale pluvieuse, fraîche si non froide allant de septembre à mai. D'une année à une autre, les pluies sont irrégulières (figure 2).

Pour étudier le climat de notre région d'étude, nous avons utilisé les données des différentes stations de l'Office National de Météorologie existant dans la région d'étude pour la période 1980 - 2000, celles de Seltzer (1946), établies sur 25 ans (1913 – 1938), les moyennes pour la période 1930 – 1960 calculées par Mebarki (1984), la carte

pluviométrique de l'Algérie établie par Chaumont et Paquin (1971) sur la base des moyennes annuelles de 1913 – 1961. la carte bioclimatique de l'Algérie du Nord dressée par Stewart en 1975 et l'étude bioclimatique de l'Est algérien réalisée par Cote en 1987.

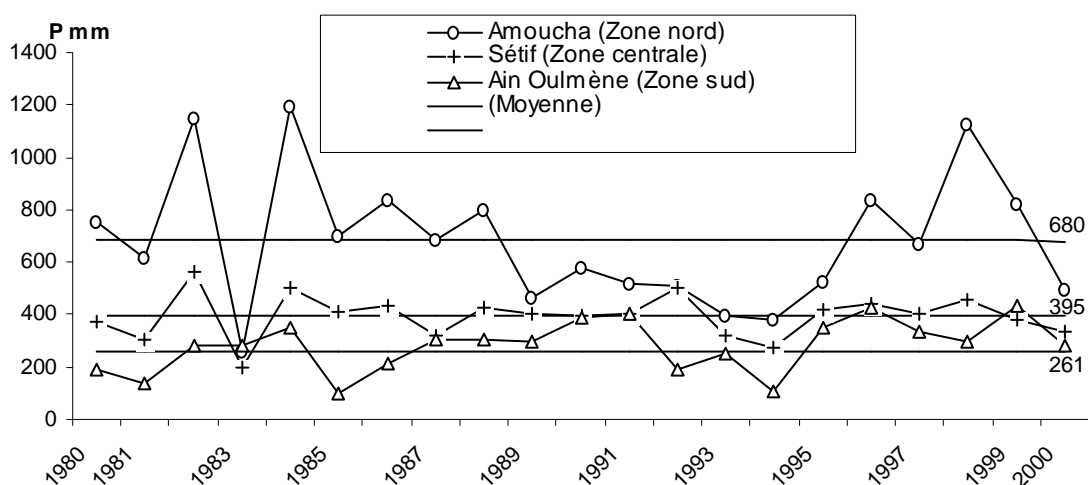
Et pour expliquer nos résultats entre 2002 et 2005, liés à certains phénomènes comportementaux de la Cigogne blanche, nous avons utilisé les données de pluviométrie de cette période fournies par le centre météorologique de Sétif.

### 1.2.1. Pluviométrie

La pluie est un facteur climatique très important agissant sur beaucoup d'aspects de la biologie de la reproduction et de l'écologie du comportement de la cigogne.

#### 1.2.1.1. Variations mensuelles et annuelles des précipitations

Les quantités mensuelles et annuelles des pluies dans la région de Sétif font apparaître des variations temporelles (mois et années) et spatiales (stations) très irrégulières. L'examen des moyennes mensuelles révèle des nuances géographiques dans la répartition des pluies au cours de l'année, et montre une individualisation nette de la saison sèche d'été pour l'ensemble des stations : Juillet, Août, et Juin sont les mois les plus secs de l'année. Par ailleurs, Décembre correspond au mois le plus humide dans la majorité des stations. Le nombre de jours de pluies décroît d'une manière générale en allant de la zone nord vers la zone sud. La distribution des précipitations est marquée d'une double irrégularité : inter-saisonnière et surtout inter-annuelle (figure 2, tableau 1).



**Figure 2.** Variation inter-annuelle des précipitations de 1980 à 2000

dans trois stations types.

**Tableau 1.** Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations de quelques stations de la région de Sétif.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	An
Stations	Zone Nord												
Bouandas (1980/00)	97,7	88,4	72,1	52,3	33,8	3,8	1,8	6,9	29,5	62,9	74,7	158,0	681,9
Beni Aziz (1980/00)	117,9	89,7	80,5	68,2	44,0	10,8	4,2	6,2	31,7	42,3	79,1	144,0	718,6
Tizi N'Bechar (1980/96)	83,2	70,3	57,9	52,1	35,6	13,5	4,2	7,5	42,3	47,9	56,1	102,9	573,5
Maoklane (1980/00)	67,4	72,4	56,0	42,6	33,7	8,4	1,2	3,0	27,0	39,2	61,4	87,9	500,2
Amoucha (1978/96)	84,1	80,5	69,6	56,1	39,2	11,3	4,6	7,3	31,9	42,5	48,3	100,1	575,5
Ain El-Kébira (1930/60)	87,5	68,1	62,2	56,9	51,7	22,8	5,2	16,2	40,5	56,7	70,5	110,8	649,1
Guenzet (1980/00)	54,9	48,2	47,7	44,3	38,1	9,3	4,7	8,9	25,1	31,2	41,8	78,0	432,2
Bougâa (1978/96)	62,8	63,3	55,5	51,1	40,8	12,4	5,0	7,6	32,5	37,1	43,0	80,2	491,3
Beni Fouda (1980/00)	52,7	38,1	45,7	37,3	41,8	17,6	6,5	7,3	25,7	32,9	34,3	76,5	416,4
Ain Abessa 1981/00)	75,5	71,0	54,2	47,4	45,7	20,1	6,1	11,1	45,8	41,6	51,8	101,3	571,6
Stations	Zone Centrale												
Fermatou (1981/00)	42,3	44,3	34,4	42,4	41,6	19,4	10,6	10,9	39,9	34,3	37,2	61,4	418,7
Sétif (1981/00)	37,1	34,2	34,8	36,7	47,3	22,6	9,1	13,4	43,8	34,8	32,6	48,4	395,0
El Eulma (1980/00)	39,9	29,9	41,2	29,5	39,7	21,6	6,2	15,2	29,0	25,1	25,1	47,3	349,7
Ras El-Ma (1980/00)	37,6	32,9	32,0	33,5	43,0	21,0	7,6	11,7	35,2	33,0	31,5	42,7	361,7
Stations	Zone Sud												
Guellal (1980/00)	30,3	24,2	37,3	29,0	41,0	19,6	9,8	13,0	35,7	29,1	23,6	37,9	330,5
Ain Oulmène (1981/00)	25,3	18,3	24,7	23,3	33,1	16,0	7,6	9,9	27,7	26,3	20,8	28,4	261,4
Salah Bey (1988/00)	21,9	15,5	24,7	20,8	31,9	15,3	5,6	3,8	32,2	18,7	16,0	22,7	229,1
Ain Azel (1980/00)	24,2	16,1	24,5	24,3	34,2	14,1	4,9	8,1	26,4	21,5	19,9	25,7	243,9
Ouled Teban (1980/00)	33,3	28,1	25,3	24,9	35,2	11,1	4,9	7,0	27,9	33,4	33,6	40,9	305,6
Rasfa (1980/00)	29,5	20,9	32,2	28,2	36,1	11,3	3,9	11,9	31,5	28,4	27,4	27,4	288,7
Bou Taleb (1975/88)	32,4	30,9	35,5	28,1	23,2	7,9	2,4	6,1	14,6	19,6	21,0	19,2	240,9

### 1.2.1.2 Pluviométrie annuelle au cours de la période 2002- 2005.

D'après le tableau 2, nous remarquons des variations annuelles importantes notamment entre l'année 2002 avec un taux de pluviométrie plus faible par rapport aux

années 2003, 2004 et 2005 dans la plupart des stations. Notamment dans les stations du Sud Ain Azel et Ain Oulmène où on a enregistré un déficit hydrique au cours de l'année 2002.

**Tableau 2.** Total de pluviométrie annuelle (mm) dans quelques stations de la région de Sétif, durant les années 2002, 2003, 2004 et 2005.

Année	2002	2003	2004	2005	Période (1980- 2000)	
Stations	Zone Nord					
Ain Abessa	523,7	661,9	424,7	489,5	571,6	
Bougâa	436,7	572	RM	RM	491,3	
Maoklane	535,7	794,9	372,7	448,7	500,2	
Ain El Kebira						
Stations	Zone centrale					
Sétif	371,5	584,1	492,6	RM	385	
Ras el ma	313,2	488,2	479,6	RM	361,7	
El eulma	369	577,3	534,9	344	349,7	
Béni fouda	529,1	639,5	681,6	RM	261,4	
Stations	Zone Sud					
Guellet	331,7	514,9	411,6	344	330,5	
Ain Azel	186,5	338,7	430,7	RM	243,9	
Ain Oulmène	198	357,2	366,6	RM	261,4	
Rasfa	182	386,2	397,3	258,4	288,7	

#### 1.2.1.3. Pluviométrie au cours des mois d'Avril, Mai et Juin pendant la période 2002 à 2005 dans les différentes stations

La même remarque concernant la moyenne pluviométrique au cours de la période allant du mois d'Avril au mois de Juin pendant l'année 2002 qui était très faible à comparer avec la même période en 2003, 2004 et 2005 (tableau 3). Notons que cette période correspond à la période d'élevage des poussins.

**Tableau 3.** Moyennes pluviométriques (mm) dans quelques stations de la région de Sétif, au cours des mois d’Avril, Mai et juin pendant les années 2002, 2003, 2004 et 2005. (R.M. : renseignement manquant).

Année	2002	2003	2004	2005		
Stations	Zone Nord					
Ain Abessa	12,3	57,6	47,1	21,8		
Bougâa	3,9	71,9	RM	RM		
Maoklane	3,66	63,3	50,4	4		
Ain El Kebira	15	67,7	85,3	28,8		
Stations	Zone centrale					
Sétif	11,5	55,4	52,9	29,5		
Ras el ma	5,3	52,6	54,6	19,6		
El eulma	9,2	41,5	25,6	14,6		
Béni fouda	16,3	42,3	60,8	21,8		
Stations	Zone Sud					
Guellet	9,2	41,5	25,6	14,6		
Ain Azel	5	30,3	55,5	13,6		
Ain Oulmène	4,8	38,6	41	RM		
Rasfa						

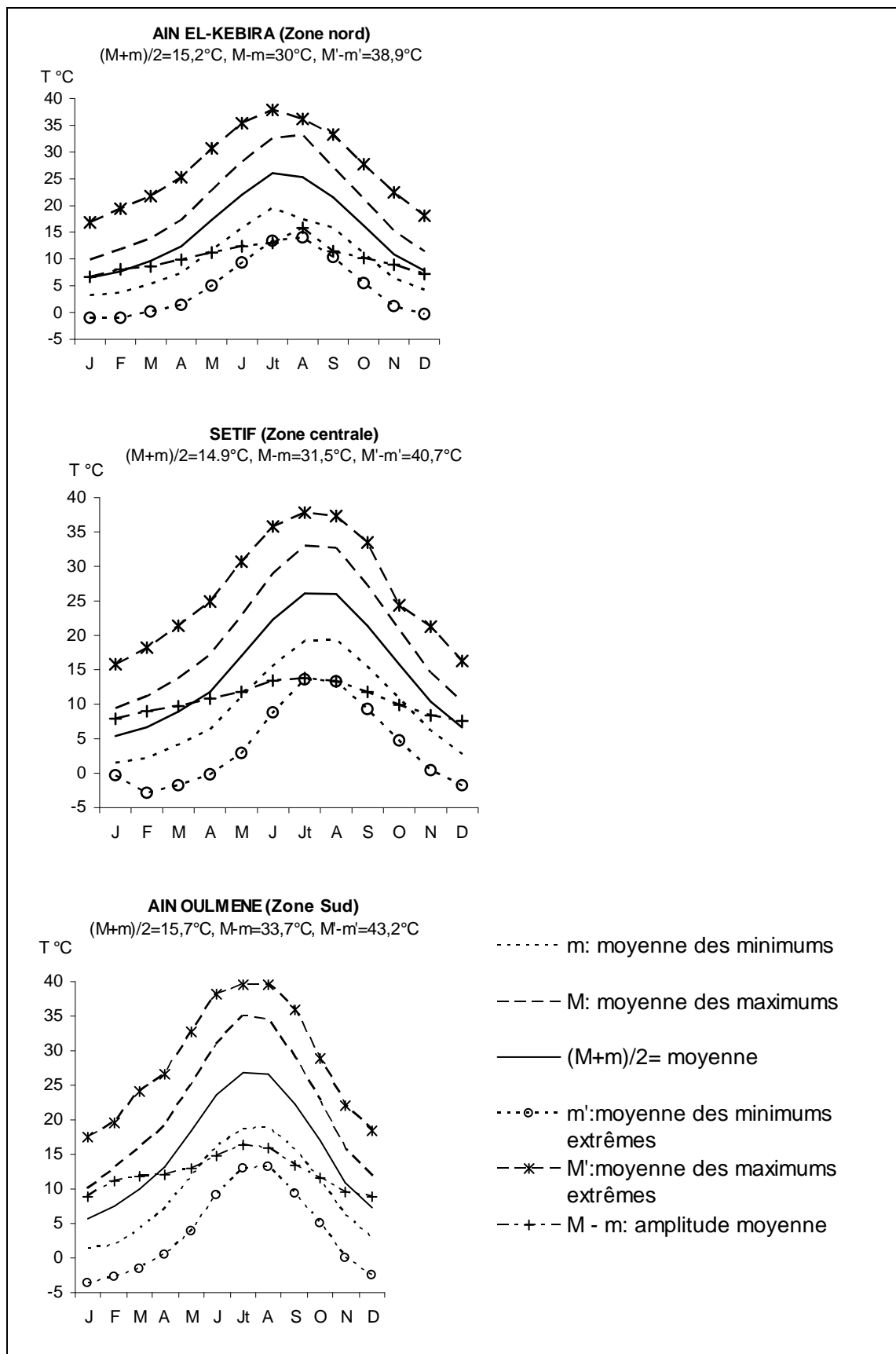
### 1.2.2. Températures

Les saisons thermiques sont bien tranchées dans l’ensemble de la région d’étude : la saison chaude s’étend de Mai à Octobre, mois pendant lesquels les températures moyennes mensuelles sont supérieures à la moyenne annuelle, alors que la saison froide correspond à la période allant de Novembre à Avril (tableau 4, figure 3). Le maximum des températures est atteint en Juillet ou Août autour de 33°C, et le minimum se situe en janvier, il est inférieur à 1,5°C dans la zone centrale et méridionale et supérieur à 2°C dans la zone nord.

La température minimale (m) nous renseigne sur la fréquence des gelées et sur la rigueur de l’hiver. La période des gelées blanches commence vers la fin du mois d’Octobre et s’étale jusqu’au mois d’Avril, le maximum est observé en hiver. L’amplitude thermique annuelle augmente progressivement du Nord au Sud : elle est de 30°C à Ain el-Kébira, 31,5°C à Sétif et 33,7°C à Ain Oulmène, celle des extrêmes ( $M' - m'$ ) s’élève respectivement à 38,9°C, 40,7°C et 43,2°C (figure 3).

**Tableau 4.** Moyennes mensuelles et annuelles des températures de quelques stations de la région de Sétif

Stations	T °C	Jan	Fév	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	An
Stations	Zone Nord													
Ain el-Kébira	m	3,2	3,7	5,3	7,4	11,7	15,8	19,6	17,4	15,8	11,1	6,4	4,2	10.1
	M	9,9	11,8	13,9	17,3	22,9	28,2	32,6	33,2	27,2	21,3	15,3	11,4	20.4
	Moy.	6,5	7,7	9,6	12,4	17,3	22	26,1	25,3	21,5	16,2	10,9	7,8	15.2
Guenzet	m	2,2	3	5,5	7,7	11,5	15,9	18,8	19,7	16	11,9	7,3	3,7	10,3
	M	7,8	10,1	14,2	19,3	23,2	28	30,2	30,4	25,6	19,7	13,7	8,8	19,3
	Moy.	5	6,5	9,7	13,5	17,3	21,9	24,5	25	20,8	15,8	10,5	6,25	14,8
Bougâa	m	3,3	3,3	4,5	6,5	11,4	15,3	18,3	19	14,6	10,8	7,1	4,1	9.9
	M	11,7	12,5	16,1	18,9	24,5	29,7	34	33,9	29	22,4	16,6	12,4	21.8
	Moy.	7,5	7,9	10,3	12,7	18	22,5	26,2	26,5	21,8	16,6	11,9	8,2	15.8
Stations	Zone Centrale													
Sétif	m	1,5	2,2	4,1	6,4	11,1	15,6	19,2	19,4	15,5	10,9	6,2	2,8	9.6
	M	9,4	11,2	13,8	17,2	22,9	29,0	33	32,7	27,3	20,8	14,6	10,4	20.2
	Moy.	5,4	6,7	8,9	11,8	17,0	22,3	26,1	26	21,4	15,8	10,4	6,6	14.9
El-Eulma	m	0,7	1,4	2,3	4,8	9	13,1	16,4	16	13,1	8,6	4,5	1,8	7.6
	M	10,1	12,2	15,1	18,9	24,4	29,5	33,6	33	28,1	22,1	15,3	11,1	21.1
	Moy.	5,4	6,8	8,7	11,9	16,7	21,3	25	24,5	20,6	15,4	9,9	6,4	14.3
Stations	Zone Sud													
Ain Oulmène	m	1,3	1,8	4,1	7,1	11,9	16,2	18,7	18,8	15,6	11,2	6,1	2,9	9.6
	M	10,1	13	15,9	19,1	24,9	30,9	35	34,6	28,9	22,7	15,6	11,8	21.9
	Moy.	5,7	7,4	10	13,1	18,4	23,6	26,9	26,7	22,3	17	10,9	7,3	15.7
Ain Azel	m	1,5	1,8	3,3	6	10,4	15	17,3	17,9	14,5	10,2	5,6	2,4	8.8
	M	10,2	12,6	15,1	18,7	24,6	30	33,1	34	28,4	21,9	15,7	11,5	21.3
	Moy.	5,8	7,2	9,2	12,4	17,5	22,5	25,2	26	21,5	16,1	10,7	6,9	15.0
Boutaleb	m	-2,3	-1,4	0,7	3,2	7,3	11,0	14,8	14,6	11,9	6,7	2,3	-1,1	5.7
	M	8,0	9	12,1	16,6	21,5	27,2	32,2	31,6	26,4	18,8	12,2	8,4	18.7
	Moy.	2,8	3,8	6,4	9,9	14,4	19,1	23,5	23,1	19,1	12,7	7,2	3,6	12.2



**Figure 3.** Régime thermique de trois stations types de la région de Sétif

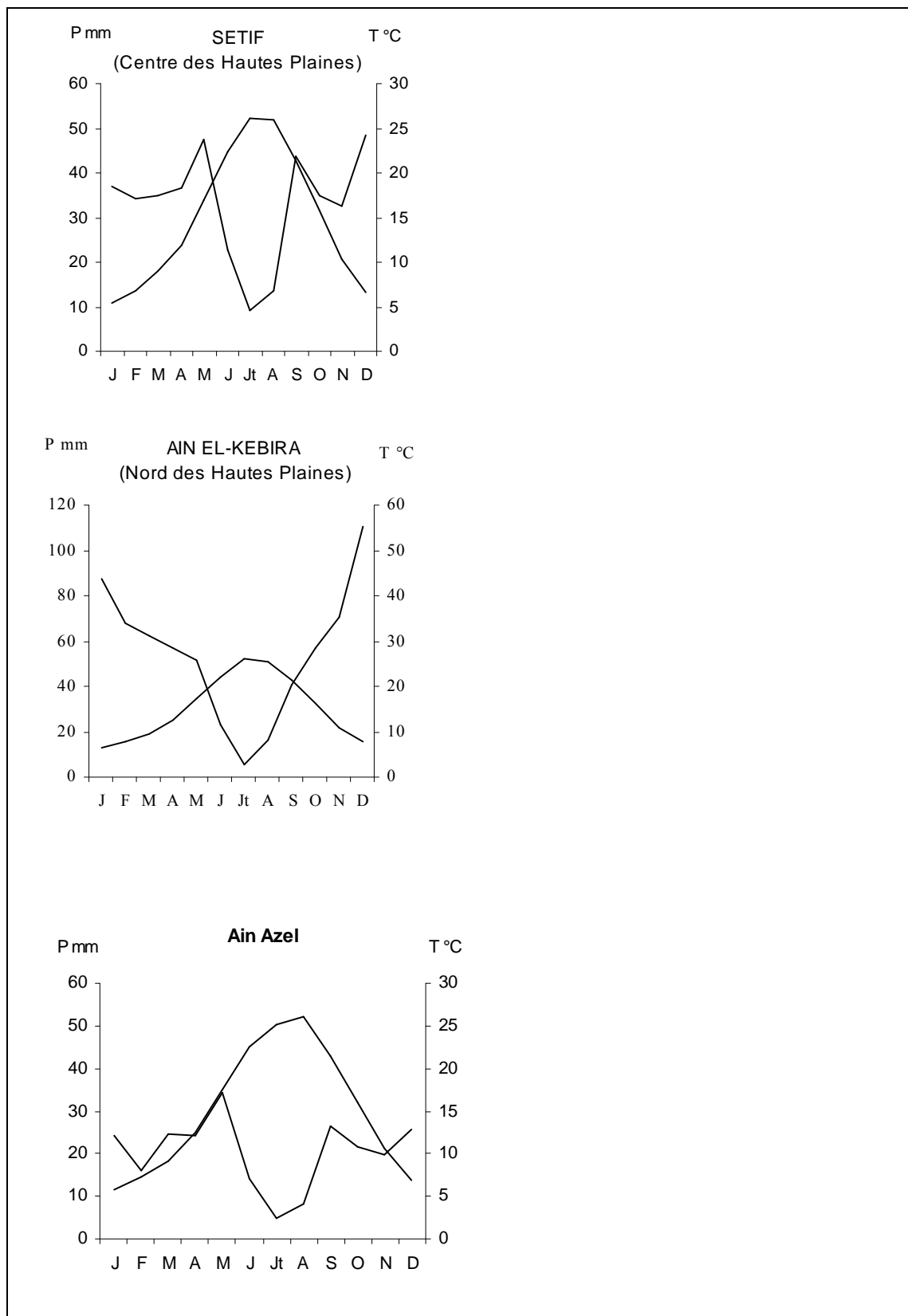
### **1.2.3. Synthèse climatique**

#### **1.2.3.1. Saison sèche et diagrammes ombrothermiques**

Sur le plan temporel, il existe une nette coïncidence typiquement méditerranéenne entre le maximum thermique et le minimum pluviométrique, ce qui se traduit par une sécheresse marquée où l'évaporation atteint sa valeur plafond. La combinaison de ces deux principaux facteurs, températures et précipitations, est intéressante dans la mesure où elle permet de déterminer les mois véritablement secs qui correspondent selon la définition de Bagnouls et Gaussen (1953) basée sur le comportement de la végétation, aux mois où le total des précipitations est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle, soit  $P \text{ mm} \leq 2T^{\circ}\text{C}$ .

Dans les stations de la zone nord les mois secs se succèdent de juin à septembre d'où une saison sèche de quatre mois; dans les stations de la zone méridionale et centrale, elle est plus longue et dure en moyenne cinq à six mois, de mai à octobre (figure 4). L'allure relativement allongée et élevée des diagrammes ombrothermiques de ces stations montre la sévérité de la saison sèche pendant laquelle, dans cet ensemble géographique, les vents d'Est et du Sud peuvent faire passer les températures très largement au dessus de  $40^{\circ}\text{C}$  durant plusieurs jours.





**Figure 4.** Diagrammes ombrothermiques de quelques stations types

### 1.2.3.2. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

De même le quotient pluviométrique ( $Q_2$ ), établi par Emberger (1952, 1955), permet de classer et de caractériser le climat méditerranéen. Il s'exprime par la formule suivante :

$$Q_2 = 1000 P / ((M+m)/2) (M-m)$$

P représente la moyenne annuelle des précipitations, M la moyenne des maximums du mois le plus chaud et m la moyenne des minimums du mois le plus froid, les températures ici sont exprimées en degrés Kelvin (K).

L'amplitude thermique extrême moyenne (M-m), qui approximativement intègre l'évapotranspiration (Kâabeche 1990), traduit la continentalité d'une station.

La formule précédente a été simplifiée par Stewart (1969) et devient :

$$Q_3 = 3,43 P / (M-m)$$

Les températures, cette fois ci, sont exprimées en degrés Celsius.

Les stations de la zone nord se placent dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver frais à doux, par contre celles de la zone centrale et méridionale, elles se positionnent dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (Bounechada 2007). L'interprétation des différentes cartes bioclimatiques relatives à notre région d'étude, (Stewart 1975, Cote 1987) et pluviométrique (Chaumont et Paquin 1971) montre que le bioclimat dans les hautes plaines est en général de type semi-aride.

## ***Chapitre 2***

***Dynamique de population de la Cigogne blanche  
dans la région des hautes plaines sétifiennes et en  
Algérie.***

## 2.1. Introduction

Un des meilleurs critères de santé d'une population qui fait l'objet de mesures de gestion est l'augmentation de ses effectifs. Afin de s'en assurer, l'idéal serait de réaliser des recensements exhaustifs.

Les recensements internationaux organisés par le Conseil international pour la protection des oiseaux (I.C.B.P.) en 1934, 1958 ; 1974 et 1984, ont montré la chute très importante des effectifs de Cigognes blanches nicheuses.

La Cigogne blanche a vu ses effectifs diminuer depuis les années trente et notamment parmi la population européenne occidentale et nord africaine (Schüz et Szijj 1975, Lauthe 1977 ; Schüz 1979, Zink 1975 ; Bairlein et Zink 1979, Lázaro *et al.* 1986 ; Bairlein 1981, Rheinwald *et al.* 1989 ; Senra et Alés 1992). Cette perte a atteint dans certaines régions un taux oscillant entre 60 et 100 % des couples nicheurs (Schüz 1977, 1979, Dybbro 1972 ; Schierer et Métais 1981). A titre d'exemple, en 1984, la diminution du nombre de couples atteignait plus de 85% pour la R.F.A. et l'Alsace, plus de 50% par rapport à 1958 pour la péninsule Ibérique. Pour l'Afrique du Nord l'ordre de grandeur est équivalent bien que les données soient plus partielles (Thauront 1985).

Ce déclin a été attribué à plusieurs facteurs incluant la chasse (Giraudoux 1978, Fry 1982 ; Thauront et Duquet 1991), les collisions avec les câbles de lignes électriques (Fielder et Wissner 1980, Feld 1991 ; Bevanger 1994), les pluies torrentielles pendant la saison de reproduction (Schieyer 1967, 1972 ; Géroudet 1978), la baisse du taux de survie dû à la sévérité de la sécheresse dans les quartiers d'hivernage et d'autres facteurs (Zink 1967, Lebreton 1978 ; Kanyamibwa *et al.* 1990, Bairlein 1991 ; Kanyamibwa *et al.* 1993).

Cependant la population de la partie Est de l'Europe est restée stable ou a augmenté localement (Bairlein 1991, Goriup et Schulz 1991). Les différences dans les deux voies migratoires et les conditions d'hivernage sont supposées être à l'origine de ces différences entre les deux populations de l'Europe de l'Est et de l'Ouest (Kanyamibwa *et al.* 1993).

Ces derniers, en utilisant la méthode de capture recapture ont trouvé que le taux annuel de survie des cigognes occidentales était corrélé à la sécheresse dans la zone du Sahel cependant les cigognes hivernant en Afrique de l'Est n'étaient pas significativement affectées par la pluviosité dans cette zone.

Une baisse des effectifs similaire à celle observée en Europe occidentale a touché les couples nicheurs de l'Algérie, en effet le déclin est nettement plus prononcé

entre 1955 et 1993 (Moali *et al.* 1992, Moali-Grine 1994 ; Moali-Grine *et al.* 1995). Dans le même sens, les effectifs des cigognes blanches dans la région des hautes plaines sétifiennes ont également connu une baisse, notamment entre 1955 et 1974 (Bouet 1956, Thomas *et al.* 1975).

Depuis 1990, fort heureusement le processus s'est inversé et en moins de 10 ans les effectifs se sont sensiblement accrus dans de très nombreux pays de l'Europe, c'est en Espagne que cette augmentation est la plus probante. Les effectifs en Espagne ont plus que doublé (Marti 1999).

Après ce déclin, une reprise des effectifs a aussi été fortement observée à travers tout le territoire algérien y compris la zone des hautes plaines sétifiennes et les derniers recensements réalisés entre 1995 et 2007, l'ont mise en évidence (Moali-Grine *et al.* 1995, Moali *et al.* 1999 ; Moali-Grine *et al.* 2004, DGF 2007).

Les facteurs affectant la dynamique de population de la Cigogne blanche sont encore sous investigation et il semble que la dynamique soit affectée par plus d'un paramètre (Bernis 1995). Les résultats du 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> recensement internationaux de cette espèce ont révélé un développement positif des populations de cigognes dans la majorité des sites de sa reproduction entre 1984 et 1994-1995 (Schulz 1999) ainsi qu'entre 1995 et 2004-2005 (NABU 2006) mais les causes de ces changements récents dans la plupart des populations restent peu connues (Barbraud *et al.* 1999) et les études détaillées à long terme sur la dynamique des populations incluant le succès de reproduction, le recrutement, la survie des jeunes et des adultes de cette espèce dans la partie occidentale de son aire de reproduction ont pris une grandeur évolutive (Aguirre 2006, Vergara *et al.* 2007b) et sont encore en cours d'investigation. De même en Afrique du Nord et en Algérie, les travaux sur les facteurs affectant l'évolution de la dynamique de populations de la cigogne blanche sont très rares voir même absents.

Certains chiffres positifs reportés peuvent être expliqués par les programmes de réintroduction comme en Alsace (Kanyamibwa 1991) et mise en place des plates-formes pour bâtir les nids (Barbraud *et al.* 1999).

Un autre facteur qui a pu contribuer à la reprise des effectifs est le phénomène récent et nouveau qui se manifeste par l'exploitation des décharges d'ordures ménagères comme source de nourriture, ce changement dans la disponibilité en ressources alimentaires a un impact très important sur quelques paramètres de la bioécologie de la cigogne. Deux paramètres sont reliés l'un à l'autre, le changement dans le

comportement migratoire qui pourrait engendrer l'augmentation des effectifs par l'élévation présumée du taux de survie qui en découle.

Plusieurs études de ce phénomène récemment observé en Europe ont été réalisées au Sud de l'Espagne à partir des années 1990 et ont montré une augmentation des individus hivernants se nourrissant dans les ordures ménagères au lieu de se déplacer à leurs quartiers d'hivernage traditionnels en Afrique. Ceci pourrait épargner aux oiseaux le danger associé à la migration (Goriup et Schulz 1991, Tortosa *et al.* 1995a, Aguirre 2006).

Ce phénomène de sédentarité de la Cigogne blanche a également été signalé à l'Est de l'Algérie (Samraoui 1998, 2002), et dans plusieurs régions du pays (Kherfi 2008). Dans la région des hautes plaines sétifiennes aussi, nous avons fait des observations depuis l'année 1999 de plusieurs individus hivernants dans différentes localités (Djerdali obs.pers.) mais il faudra apporter davantage de précisions sur l'étendue réelle des individus hivernants pour pouvoir avancer cet argument comme raison concrète participant dans cette augmentation du chiffre des couples nicheurs en Algérie, du moment que les effectifs des individus hivernants sont encore très faibles. Cependant, la plupart des ces changements positifs dans les effectifs sont encore pas complètement expliqués.

Dans ce chapitre, nous allons présenter, Les résultats des cinq recensements nationaux réalisés par les services des conservations des forêts en 1993, 1995, 1999, 2001 et 2007 pour voir la tendance globale de la population de la Cigogne blanche en Algérie avec les trois recensements antécédents de 1935, 1955 et 1975 et l'évolution du nombre de couples reproducteurs (HPa) entre 1993 et 2001 dans les différentes régions d'Algérie, nous présenterons aussi le succès de reproduction (JZm) en fonction du nombre de couples reproducteurs ayant réussi leur reproduction (HPm) pour chaque recensement à travers tout le territoire algérien pour voir l'effet de la densité sur le succès de la reproduction.

Nous présenterons aussi l'évolution du nombre de couples nicheurs et leur répartition dans tout le territoire sétifien pendant la période allant de 1935 à 2007. L'hivernage de l'espèce dans la région d'étude est discuté avec les résultats de ce phénomène en Algérie. Nous avons également essayé de discuter la relation qui existe entre l'emplacement des nids et le succès de reproduction conséquent.

## 2.2. Matériel et méthodes

Quatre recensements exhaustifs de la Cigogne blanche ont été réalisés durant quatre saisons de reproduction 2002, 2003, 2004 et 2005 dans toute la région des hautes plaines sétifiennes englobant 16 dairats, 47 communes avec 88 colonies. Pour les saisons de reproduction 2006 et 2007, uniquement le nombre de nids occupés a été compté au mois d'Avril on n'a pas pu faire le comptage des jeunes à la fin de la saison.

Les sorties pour le comptage des couples et jeunes aux nids sont effectuées chaque année du 1<sup>er</sup> au 15 du mois de juin, période à laquelle les jeunes sont visibles au nid sans qu'ils puissent être confondus avec les parents, en effet, en cette période, les poussins sont au moins quatre semaines d'âge, la couleur du bec et des pattes est encore noire. Ces comptages sont réalisés par la méthode de l'observation directe, dans la plupart des cas en utilisant une paire de jumelles. Ils sont assurés par au moins deux personnes. Les déplacements dans les différentes localités sont effectués à bord d'un véhicule, en effet, la majorité des colonies sont implantées sur les bords de route. Les sorties sont effectuées le matin, période de forte activité des poussins généralement moment du nourrissage donc les poussins sont debout au nid.

Quoi que récemment dans une étude sur la fiabilité des méthodes de recensement chez la Cigogne blanche par Aguirre et Vergara (2009), il s'est avéré que d'une visite unique comme c'est le cas en Algérie pour le comptage, il ressort des résultats avec des pourcentages plus faibles concernant le nombre de couples et le nombre de jeunes comparées avec ceux combinés de deux ou plusieurs visites pour le comptage.

Pour, chacune des visites, des fiches techniques sont dressées portant :

- daïra
- commune
- localité de la colonie,
- date d'observation,
- type de support,
- hauteur de ce dernier,
- nombre de poussins.

Les résultats à travers le territoire algérien, sont présentés par région géographique d'après Moali-Grine *et al.* (2004) qui sont identifiées comme suit :

Nord Est                                      Annaba, El tarf, Guelma.

Aurès-Némémcha                      Batna, Khenchla, Tebessa, Oum el Bouaghi

Constantinois	Constantine, Skikda, Jijel, Mila.
Hauts plateaux sétifiens	Sétif, M'sila.
Soummam- Bouira	Béjaia, Bouira
Sébaou-Issers	Tizi Ouzou, Boumerdes
Mitidja	Blida, Tipaza
Vallée du Chélif	Chlef, Mostaganem, Tissemsilt
Oranie	Mascara, Saida, Tlemcen, Temouchent.

Les effectifs des couples nicheurs en Algérie ont été recueillis à partir de données bibliographiques (Bouet 1936, 1956, Thomas et al. 1975 et Moali-Grine *et al.* 1995, 2004). Les données du comptage de la campagne 2007 pour le reste des régions d'Algérie, nous ont été communiquées par les services de conservation des forêts des différentes wilayas.

Les paramètres de la reproduction chez la Cigogne blanche sont décrits par les abréviations standards utilisées sur le plan international (Schüz 1952, Jakubiec 1985)

HPa : le nombre de couples nicheurs occupant un nid (couples reproducteurs)

HPm : Le nombre de couples ayant réussi leur reproduction (couples reproducteurs avec succès).

JZG : Nombre de jeunes dans tous les nids c'est la productivité

JZa : Nombre moyen de jeunes par rapport à HPa,  $JZa = JZG/HPa$

JZm : le nombre moyen de jeunes prêts à l'envol calculé à partir des couples ayant produit des jeunes, il représente le succès de la reproduction.  $JZm = JZG/HPm$

StD= densité de la population : nombre de couples nicheurs/100km<sup>2</sup>.

### 2.2.1. Statistiques

La relation entre les différentes variables est testée par corrélation linéaire simple (Pearson r).

Une analyse de la variance (ANOVA) à un facteur a été effectuée pour voir comment évoluait le succès de reproduction (JZm) à travers les différentes régions d'Algérie.

De même une autre analyse de la variance à un facteur est réalisée pour voir l'impact de la nature du support du nid utilisé par les cigognes sur le succès de la reproduction.

Les cartes de répartition des effectifs des couples nicheurs ont été réalisées par Mapenfo version 9.0.



## 2.3. Résultats

### 2.3.1. Tendances globales de la population de la Cigogne blanche en Algérie de 1935 -2007).

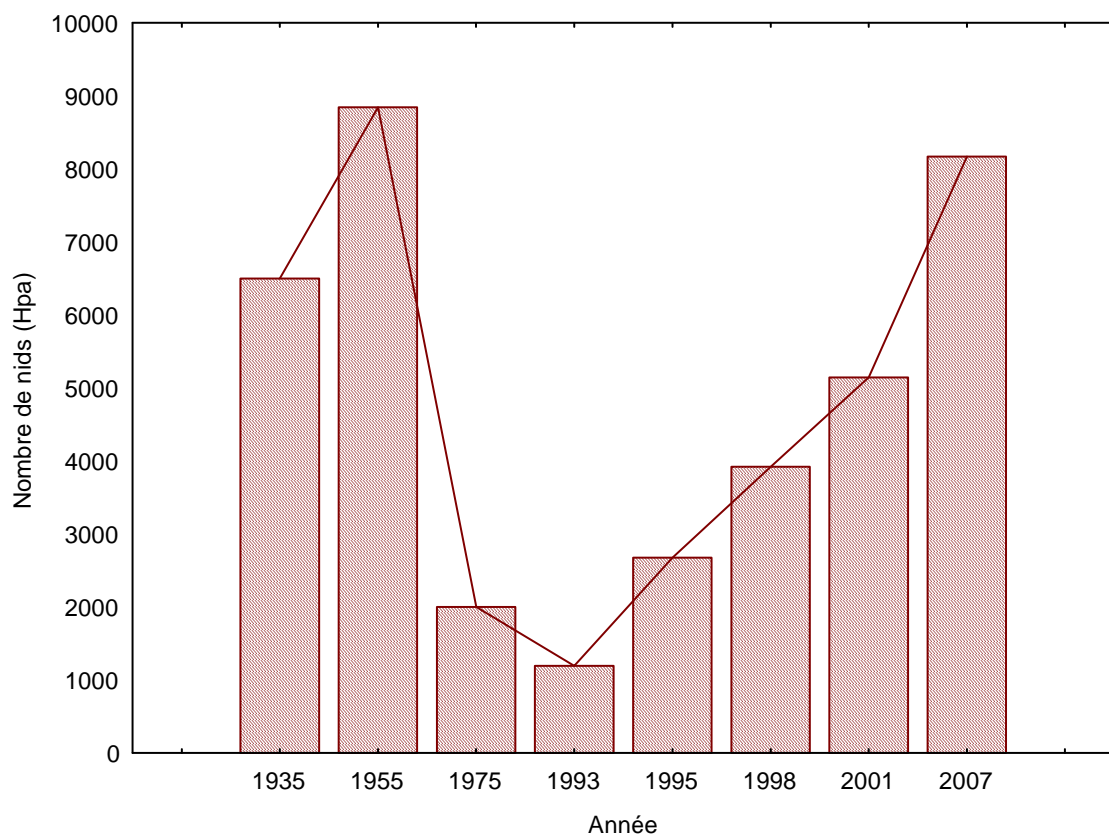
Les recensements des effectifs des couples nicheurs de la Cigogne blanche en Afrique du Nord, sont rares et irréguliers, l'Algérie en fait part. D'après la figure 5, la première évaluation pour l'Algérie a été réalisée en 1935 (Bouet 1936), qui a donné un effectif nicheur de 6500 couples, suivie par une deuxième en 1955 (Bouet 1956) qui a montré un effectif plus important de l'ordre de 8844 couples qui serait dû à un balayage plus complet par l'enquête. Ensuite le chiffre a diminué à 2000 couples en 1974 (Thomas *et al.* 1975). Ce chiffre montre une réduction de la population de l'ordre de 75% entre 1955 et 1974. Au Maroc et en Tunisie la même tendance au déclin a été également observé pendant cette période (Lauthe 1977).

Le résultat du recensement de 1993 a donné un déclin nettement prononcé de 86% à comparer avec le résultat de 1955 (Bouet 1956), l'effectif était de 8844 couples, alors qu'en 1993, il était passé à 1195, particulièrement, le Constantinois a vu ses effectifs baisser de 76 %. La région allant d'El Tarf à Alger comptait les 72% du total et c'était à la région de l'Ouest que l'effectif nicheur le plus faible était enregistré, 51 paires soit, 0,04% (Moali-Grine *et al.* 1995).

Ultérieurement, les recensements nationaux de 1995, 1998, 2001 et 2007 ont marqué une reprise spectaculaire des populations nicheuses de cigognes blanches en Algérie qui s'inscrit dans le cadre de l'accroissement général des effectifs de l'espèce dans toute son aire de nidification, le nombre de nids a presque doublé entre 1995 et 2001 (figure 5) Ces effectifs sont respectivement de 2679, 3922 , 5147 et 8171 couples nicheurs en 1995, 1998, 2001 et 2007 avec la plus grande concentration dans la région du constantinois et celle du Nord-Est qui hébergent à elles seules , presque la moitié des effectifs totaux de 1995, 1998, 2001 et 2007 (tableau 5). Une vraie explosion démographique a été observée dans certaines régions du pays entre 1993 et 2007, dans la région du Nord Est, à El Tarf, l'effectif nicheur de la Cigogne blanche est passé de 174 en 1993 à 1037 en 2007. Dans le Constantinois, à Mila, région des plus peuplées par la cigogne, il est passé de 289 à 877 (D.G.F), au cours de la même période. Ainsi, en Oranie où on ne comptait que 51 nids en 1993, le chiffre est passé à 341 en 2001 et 572 en 2007. Le taux d'accroissement national entre 1993 et 2007 est de l'ordre de 86,3 % et

entre 2001 et 2007 est de l'ordre de 37%, donc la croissance spectaculaire de la population algérienne au cours de cette période va de paire avec la hausse des effectifs de la Cigogne blanche dans toute son aire de nidification.

Nous avons également constaté que depuis la reprise des effectifs de l'espèce à travers toute son aire de reproduction, La région des hautes plaines sétifiennes a aussi observé une hausse dans ses effectifs entre 1995 et 2007 passant de 188 à 1192 couples en 2007 donc d'un taux de l'ordre de 84%. Au sud un total de 74 nids est signalé en 2007 par la DGF, 15 nids à Biskra, 15 nids à Tindouf et 44 nids à Ourgla.



**Figure 5.** Nombre de nids occupés par les couples nicheurs (HPa) en Algérie (Période 1935-2007).

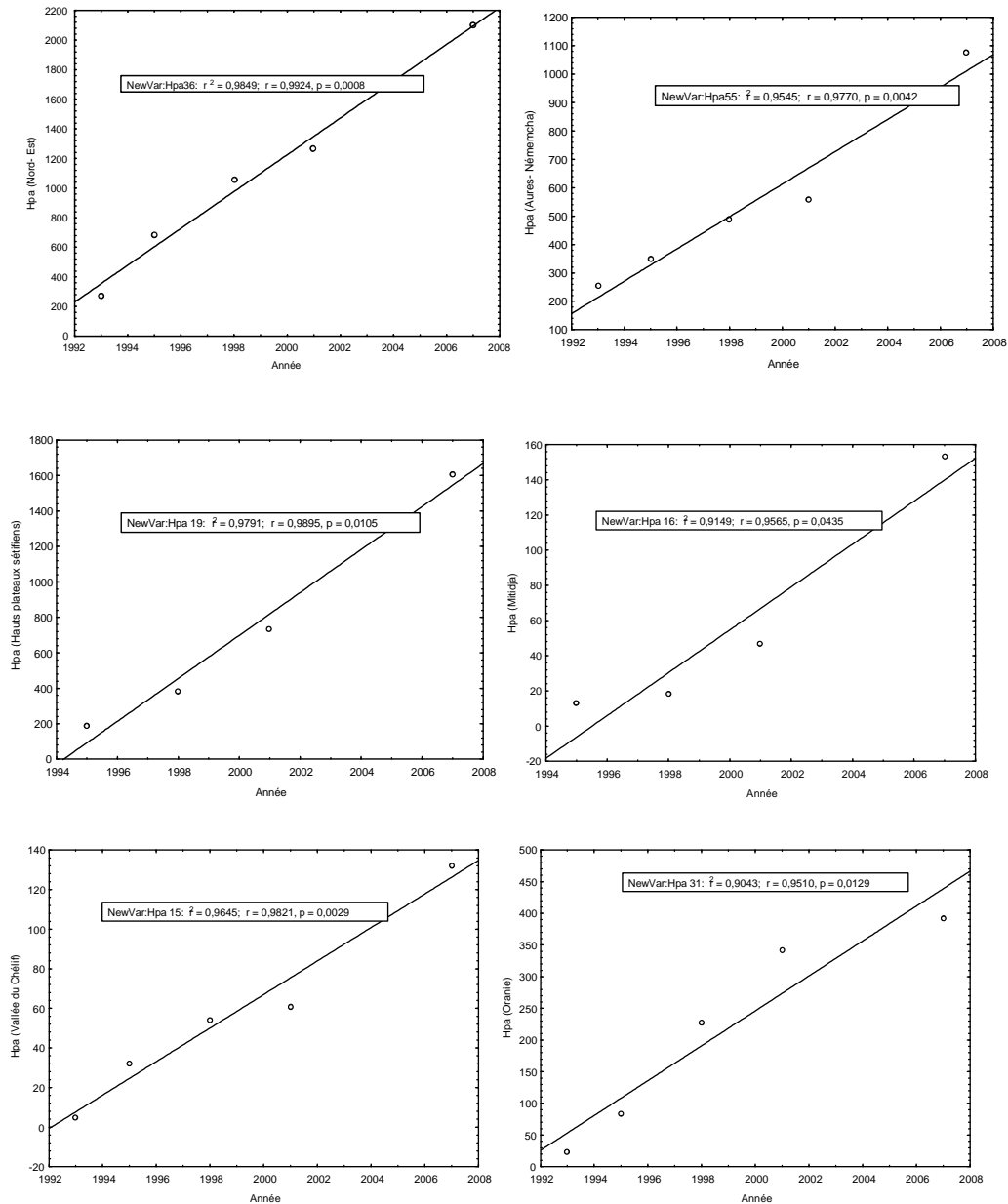
**Tableau 5.** Nombre de nids occupés (HPa) dans les différentes régions d’Algérie d’après Moali-Grine *et al.* (2004) entre la période (1995- 2001), les données 2007 sont fournies par la direction générale des Forêts (D.G.F.).

Année Région	1993	1995	1998	2001	2007
Nord Est	267	656	1059	1264	2103
Aurès- Némemcha	252	347	487	558	1077
Constantinois	338	904	1179	1477	1812
Hauts plateaux de Sétif	-	188	384	736	1590
Soummam- Bouira	77	169	188	269	303
Sébaou- Issers	183	256	326	394	429
Mitidja	-	13	18	47	153
Vallée du Chélif	5	32	54	61	132
Oranie	51	84	227	341	572
Total	1195	2679	3922	5141	8171

#### **2.3.1.1. Evolution du nombre de couples reproducteurs (Hpa) dans les différentes régions d’Algérie pendant la période (1993-2007).**

Tel que montre les graphes ci- dessous (figure 6), il y a une tendance générale à la hausse dans toutes les régions d’Algérie des couples reproducteurs au cours de la période allant de 1993 à 2007 comme il est arrivé au cours de la même période en Europe.

C'est une tendance positive générale des couples nicheurs en Algérie y compris la région des hautes plaines sétifiennes suivant l'essor démographique en Europe à partir de 1990.



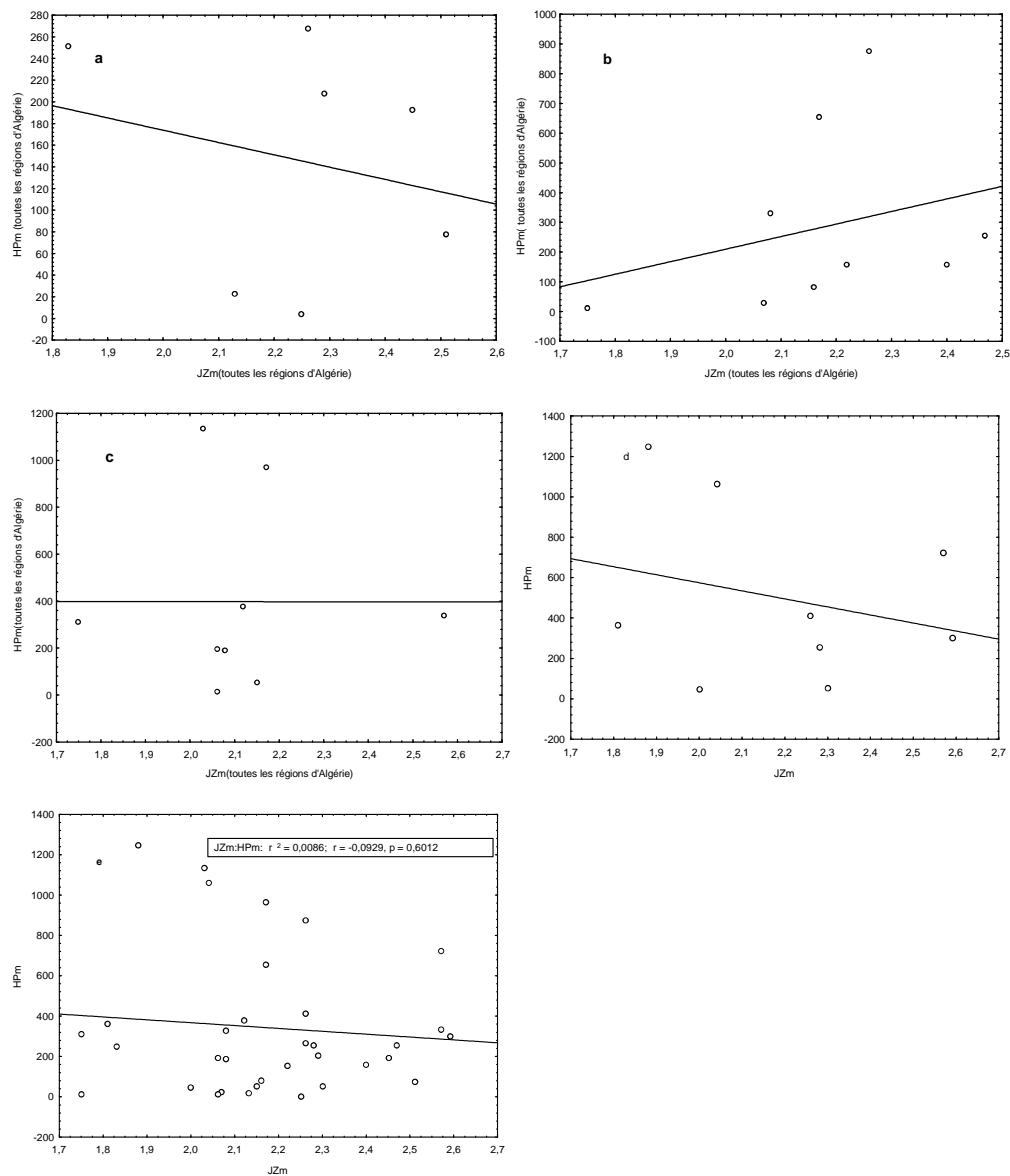
**Figure 6.** Evolution du nombre de nids occupés (Hpa) par les couples nicheurs de la Cigogne blanche dans les différentes régions d'Algérie période (1993-2007).

#### **2.3.1.2. Variation du succès de reproduction (JZm) en fonction du nombre de couples reproducteurs ayant réussi leur reproduction (HPm) au cours des quatre recensements nationaux 1993- 1995- 1998- 2001.**

Pour essayer de trouver une relation entre le nombre de couples nicheurs et le succès reproducteur et voir l'effet de la densité sur ce dernier, nous avons fait des analyses de corrélation entre ces deux paramètres démographiques par année présentées à la figure 7 qui se sont avérées non significatives ( $P > 0,05$ ), donc il n'y a pas une tendance spécifique et le succès reproducteur semble ne pas être affecté par la densité de la population dans toutes les régions d'Algérie.

#### **2.3.1.3. Variation du succès de reproduction (JZm) dans les différentes régions d'Algérie au cours de la période 1993-2001.**

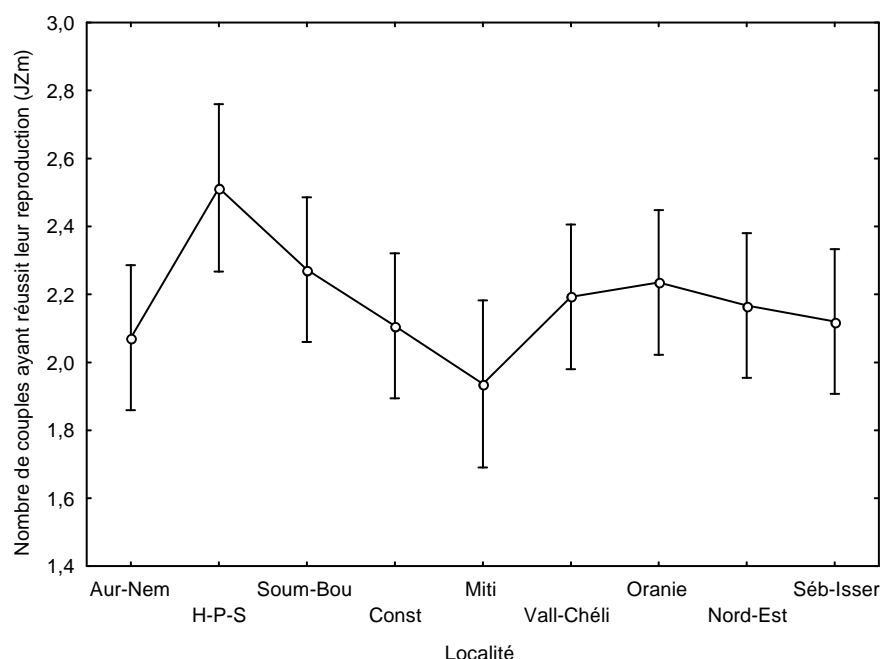
Bien que le succès de reproduction durant les quatre recensements nationaux (1993-2001) ne variait pas significativement entre les différentes régions d'Algérie (ANOVA ( $F_{(8,25)} = 1,86$ ,  $P = 0,11$ ), nous notons la valeur la plus élevée de ce paramètre dans la région des hauts plateaux de Sétif (tableau 6), (figure 8).



**Figure 7.** Succès de reproduction (JZm) en fonction du nombre de couples reproducteurs ayant réussi leur reproduction (HPm) en (a) 1993, (b) 1995, (c) 1998 et (d) 2001, (e) 1993- 2001.

**Tableau 6.** Paramètres démographiques de la Cigogne blanche dans les différentes régions d'Algérie d'après Moali-Grine *et al.* 2004.

Années Régions	1993			1995			1998			2001		
	HPm	JZG	JZm	HPm	JZG	JZm	HPm	JZG	JZm	HPm	JZG	JZm
Nord-Est	207	475	2,29	656	1421	2,17	967	2143	2,17	1064	2176	2,04
Aures Némemcha	251	461	1,83	331	690	2,08	378	803	2,12	413	935	2,26
Hauts plateaux Sétif	-	-	-	158	379	2,40	336	863	2,57	727	1871	2,57
Soummam- Bouira	77	191	2,48	157	348	2,22	188	391	2,08	258	588	2,28
Constantinois	267	603	2,26	877	1987	2,26	1134	2307	2,03	1250	2352	1,88
Sébaou- Issers	193	474	2,45	255	631	2,47	310	543	1,75	366	663	1,81
Mitidja	-	-	-	12	21	1,75	16	33	2,06	47	94	2
Vallée du Chélif	4	9	2,25	28	58	2,07	53	114	2,15	53	122	2,3
Oranie	22	47	2,13	81	175	2,16	196	407	2,06	301	780	2,59
Totaux				2555	5710	2,23	3578	7604	2,12	4479	9581	2,14

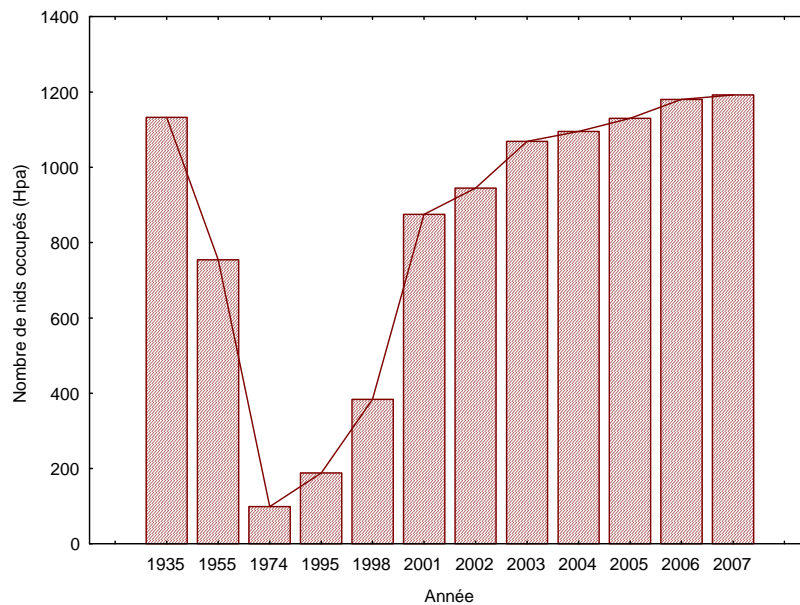


**Figure 8.** Variation du succès de reproduction (JZm) dans les différentes régions d'Algérie, (Moyenne  $\pm$  DS). H-P-S : Hauts Plateaux de Sétif.

### 2.3.2. Tendances globales des effectifs de la Cigogne blanche dans la région des hautes plaines sétifiennes au cours de la période (1935-2007).

D'après la figure 9, la dynamique de population de la Cigogne blanche dans la région des hautes plaines sétifiennes a suivi la même tendance que la population de L'Europe de l'ouest, après un déclin entre 1935 et 1974 où la population a diminué de près de 91%, les effectifs des couples nicheurs ont revu une hausse à partir de 1995 où le chiffre est passé de 99 couples en 1974 à 188 en 1995, entre 1995 et 1998, l'effectif a doublé, le même phénomène a été observé entre 1998 et 2001. Entre 2001 et 2007 l'effectif est passé de 875 à 1192, ceci s'explique par le recensement qui était plus exhaustif réalisé par nous même. Depuis l'année 2001, la population de Cigogne blanche a connu une augmentation annuelle presque régulière, notons qu'entre 2001 et 2007, la population de cigogne dans la région de sétif a augmenté de 26,6% et entre 1974, année de déclin de l'espèce et l'année 2007, cette population a vu une hausse de 84,14%.





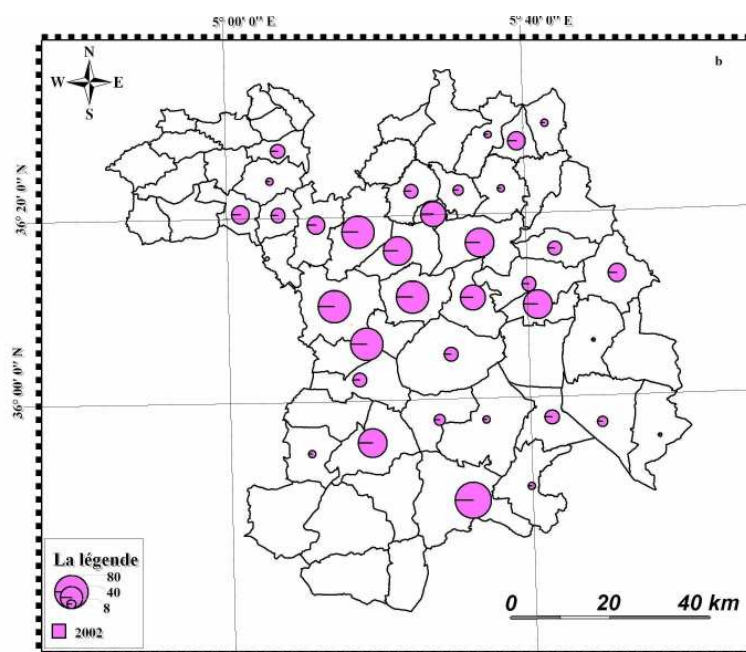
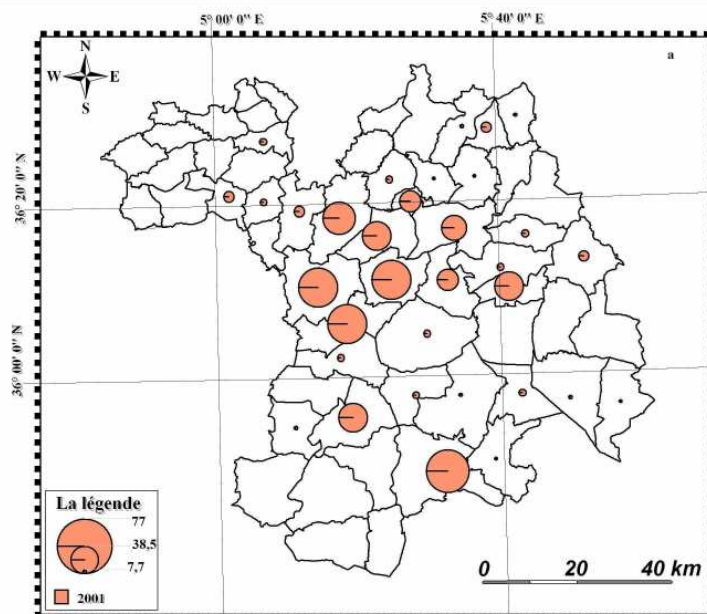
**Figure 9.** Nombre de nids occupés par les couples nicheurs (HPa) dans la région des Hautes plaines sétifiennes (Période 1935-2007).

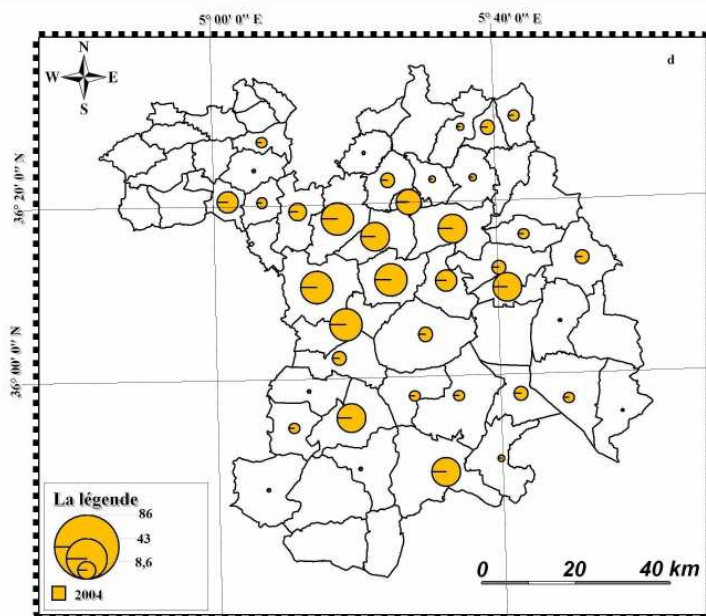
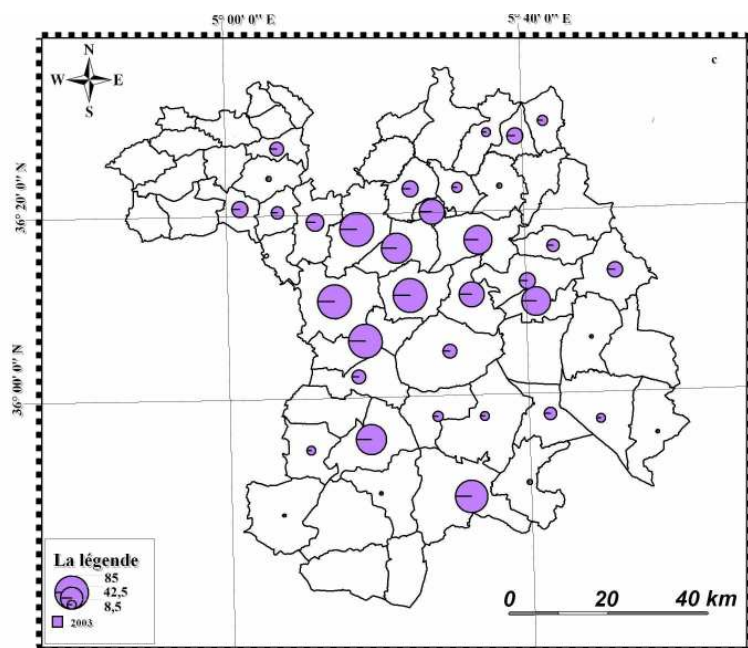
### **2.3.2.1. Localisation et importance numérique des colonies de la Cigogne blanche dans la région de Sétif, effectifs et expansion des couples nicheurs par localité.**

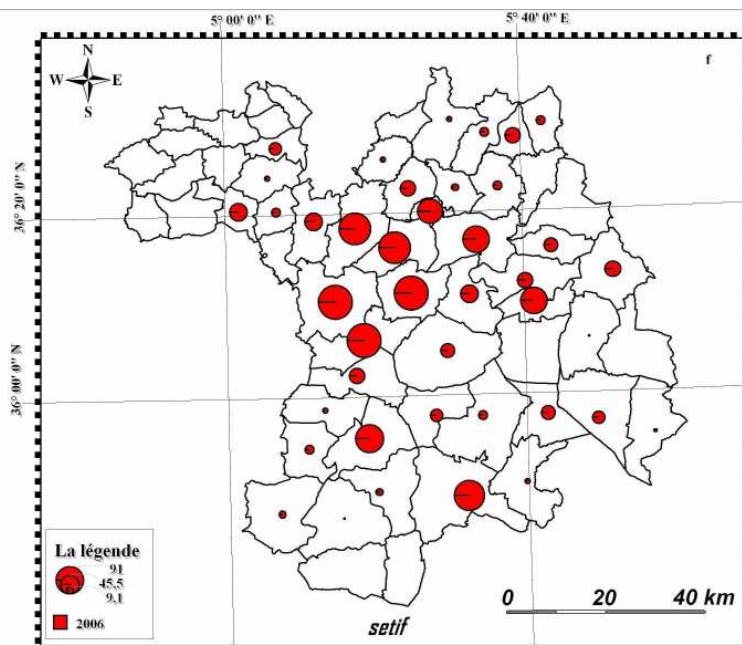
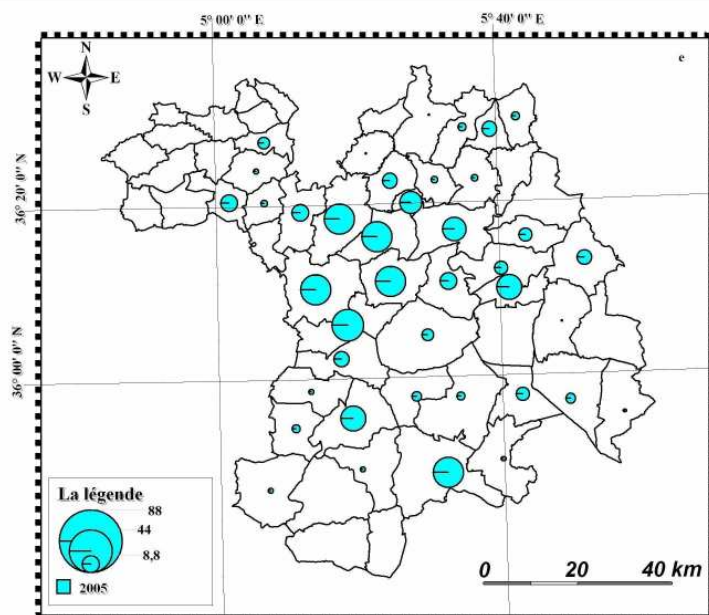
Selon les cartes de répartition représentées à la figure 10, les nids des 88 colonies recensées montrent que la localisation et l'expansion de la cigogne blanche est telle qu'elle est quasiment absente du Nord Ouest de la région de Sétif comme dans les localités de Beni Ourtilène, Guenzet, Draâ Kbila, Ain Lagradj, Harbil, Bouandas et aussi dans la région extrême Sud à Boutaleb et à El Hamma. Les plus grandes concentrations de nids sont enregistrées dans la région centre et sud où on observe les plus grandes colonies dans les localités de Sétif avec 98 nids, El Eulma avec 63 nids, Beni fouda 58, Ain Arnet 93, Ouled saber 28, Mezloug 93, Ain Azel 78 et Ain Oulmène avec 69 nids représentant les 48,74% de l'effectif total des couples nicheurs de l'année 2007. Au Nord la région de Ain Abessa héberge 83 nids, celle de Ouled Adouane 52 et celle de Ouricia 83 nids, ce sont les colonies qui contiennent le plus grand nombre de nids avec un pourcentage de (18,28%), (figure 10) et (tableau 7).

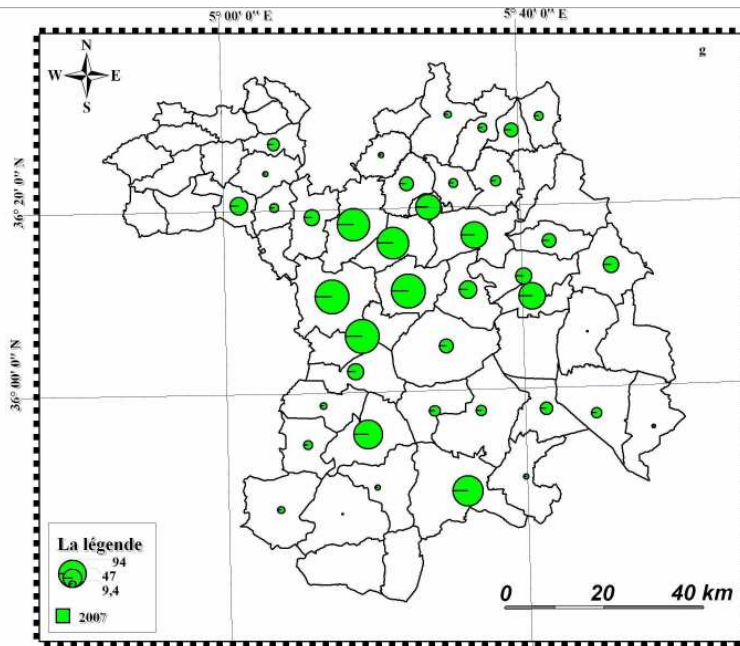
Entre l'année 2001 et l'année 2007 on a remarqué que le nombre de nids a augmenté dans certaines localités tel qu'à Ain Essebt et Serdj el Ghoul où l'effectif des couples nicheurs est passé de 6 nids en 2001 à 9 nids en 2007, à Hammam Sokhna le nombre de nids est passé de 8 à 14 nids et à Tella il est passé de 13 à 18 nids, ainsi que

l'apparition de nouveaux nids en faible nombre toujours dans la région Nord à Babor et à Tizi N'bechar et à Maoklane à partir de 2005, le même phénomène est observé dans certaines régions du Sud telles que Rasfa, Salah Bey et Ouled Tebben, à partir de 2004, ceci prouve que la cigogne blanche est en train de conquérir tout le territoire de la région de Sétif.









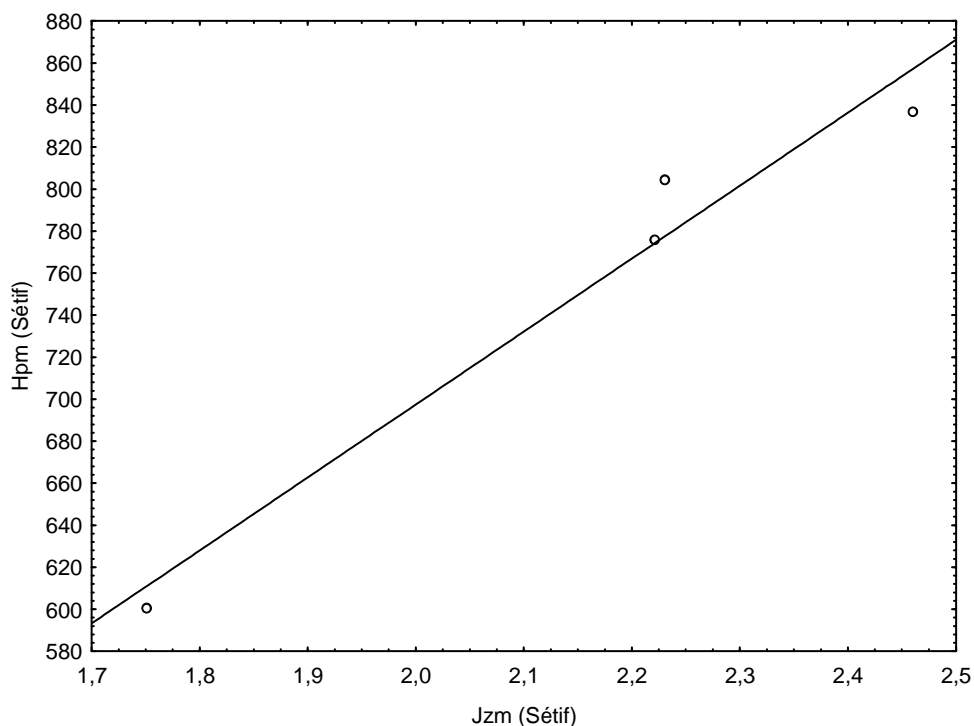
**Figure 10.** Importance numérique, localisation et expansion récente de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* dans la région de Sétif (a) en 2001, (b) 2002, (c) 2003, (d) 2004, (e) 2005, f (2006), et (g) en 2007.

**Tableau 7.** Effectifs des nids occupés par les couples nicheurs par localité au cours de la période (2001- 2007).

Année/ Localité	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
El Eulma	48	57	59	60	62	63	63
Guelta Zerga	11	15	21	20	21	23	23
Tachouda	11	13	15	15	19	19	19
Bellaâ	20	22	23	23	23	23	23
Bir El Arch	0	1	1	1	1	1	1
Béni Aziz	18	20	18	20	22	22	22
Ain Esebt	6	7	10	9	9	9	9
Béni Fouda	46	51	59	68	54	58	58
Bougâ	11	13	13	11	7	9	9
Ain Roua	20	23	27	28	28	28	27
Guergour	22	24	29	35	35	35	36
Ain Armet	69	74	80	82	88	91	93
Ain Abessa	54	61	78	76	80	83	83
Ouricia	52	56	67	64	80	82	82
Mezloug	66	68	80	82	89	91	93
Ouled Adouane	39	42	47	47	48	52	52
Dhemcha	3	4	4	5	5	7	7
Ain Kébira	8	8	12	7	7	7	8
Tizi N'bechar	0	0	0	1	1	3	3
Amoucha	15	16	20	20	22	24	21
Babor	0	0	0	0	1	4	6
Serdj El Ghoul	6	7	8	8	9	9	8
Sétif	80	83	89	91	92	93	98
Ouled Saber	40	40	44	43	31	30	28
Guedjel	15	16	16	16	17	19	19
Ain Azel	72	74	75	74	78	76	79
Ain Lahdjar	7	7	7	9	9	10	11
Bir Haddada	12	12	12	11	13	14	14
Beida Bordj	16	16	16	21	20	20	20
Tella	13	13	15	18	18	18	18
Hammam Sokhna	8	9	9	13	13	14	14
Oum Laâdjoul	1	2	2	2	2	2	2
Ain Oulmène	52	55	67	63	65	67	69
Kasr El Abtal	0	0	0	1	3	4	5
Ouled Si Ahmed	6	6	8	9	9	10	10
Guellet	15	16	17	21	22	26	26
Ouled Tebben	0	0	2	2	3	5	6
Salah Bey	0	0	2	2	4	6	4
Rasfa	0	0	0	0	0	1	1
Tala Ifacène	13	14	16	15	16	16	18
Maoklane	0	0	1	2	4	6	4
Total	875	945	1069	1095	1130	1180	1192

### 2.3.2.2. Variation du succès de reproduction (JZm) en fonction du nombre de couples reproducteurs ayant réussi leur reproduction (HPm) au cours des quatre saisons de reproduction 2002-2005.

Le succès reproducteur aux hauts plateaux sétifiens est fortement corrélé au nombre des couples nicheurs ( $r= 0,98$ ,  $P= 0,02$ ), le succès de reproduction ne paraît pas être affecté par la densité de la population, au contraire le nombre de poussins augmente avec le nombre des couples nicheurs (figure 11).



**Figure 11.** Relation entre le succès de la reproduction et le nombre de couples reproducteurs ayant réussi leur reproduction (HPm), dans la région de Sétif.

### 2.3.2.3. Densité de la population

Pour pouvoir faire des comparaisons de densité avec celles des autres régions étudiées, nous avons représenté la valeur de la densité calculée par rapport à la surface agricole utile (SAU).

La densité de la population = Nombre de couples nicheurs / surface des terres classées utiles à l'agriculture.



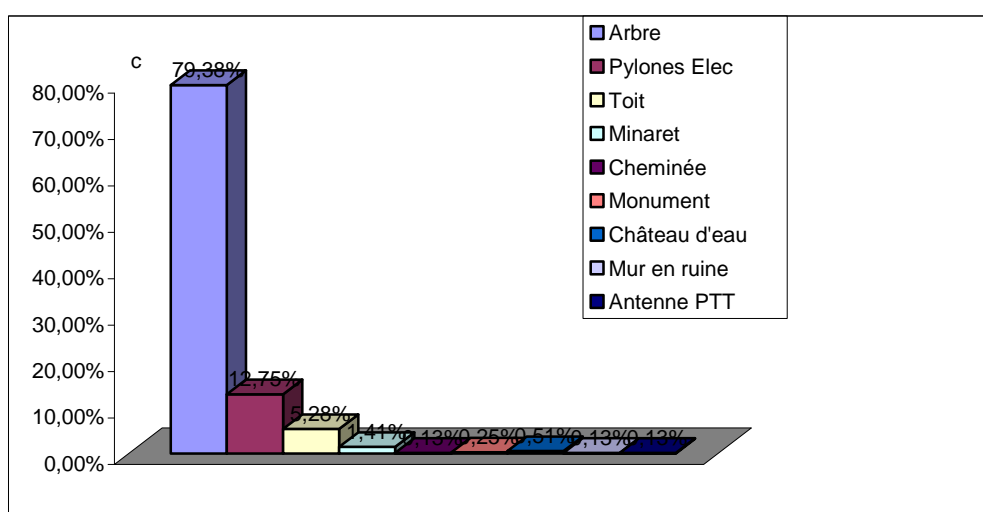
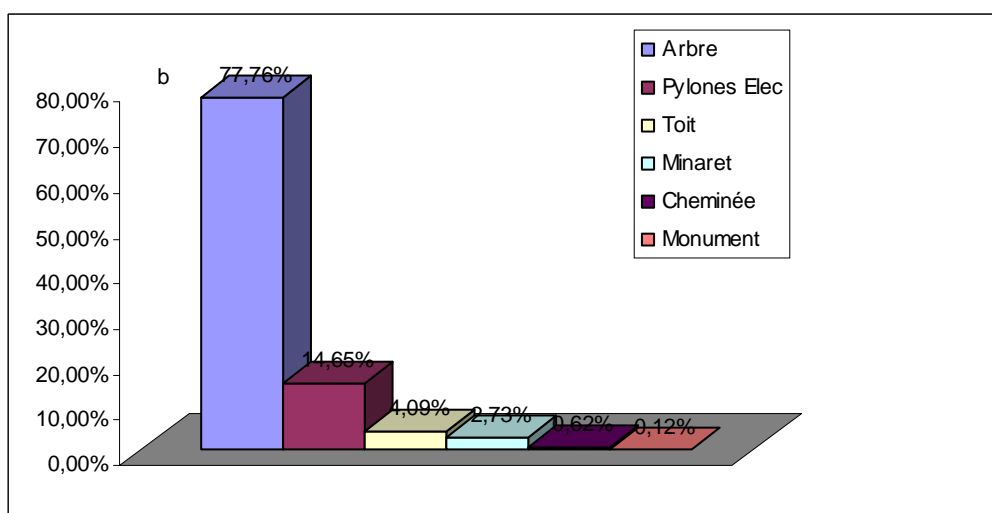
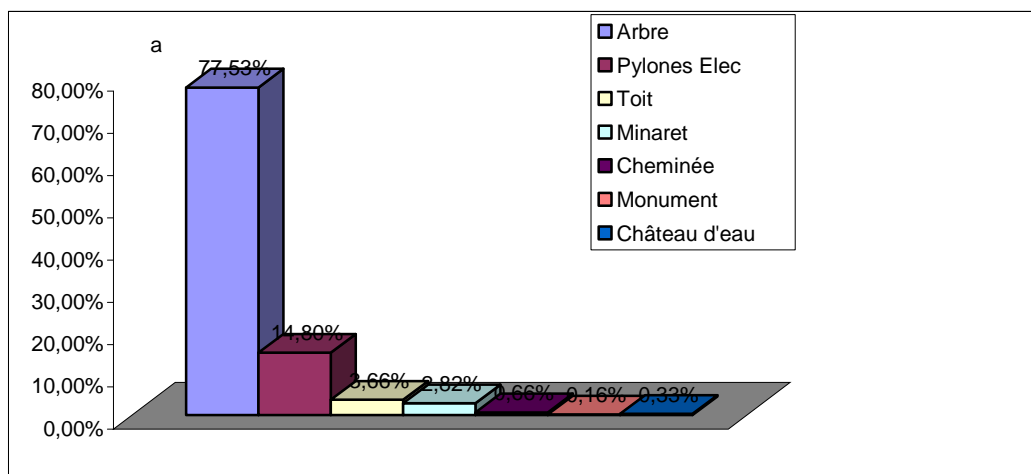
Cette dernière étant de 360 890 ha dans la wilaya de Sétif, la densité de la Cigogne blanche est de 33,03 couples / 100 km<sup>2</sup> en 2007.

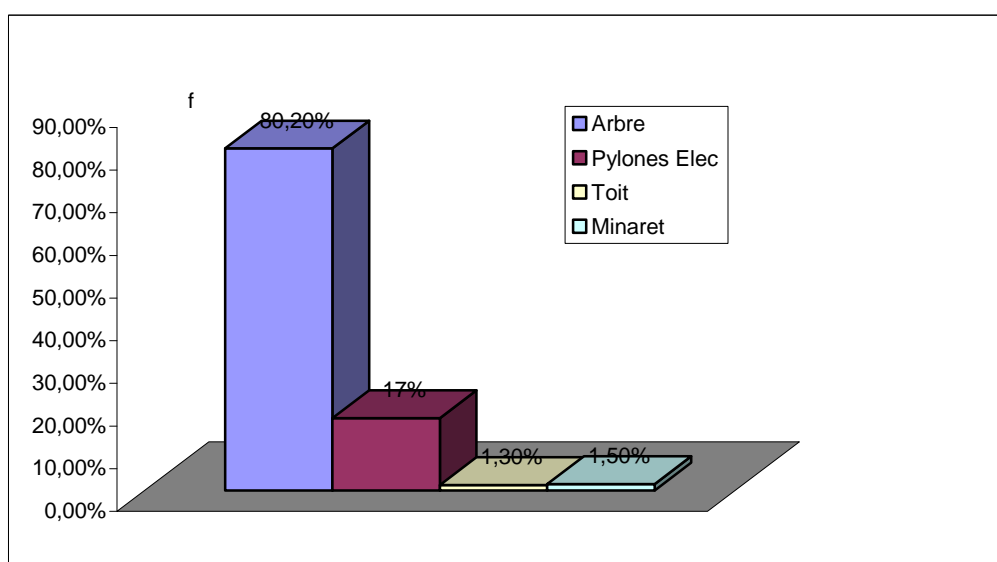
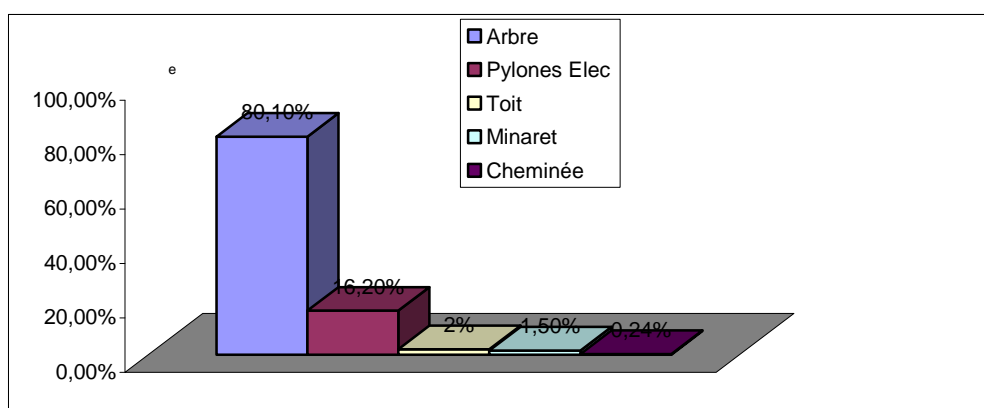
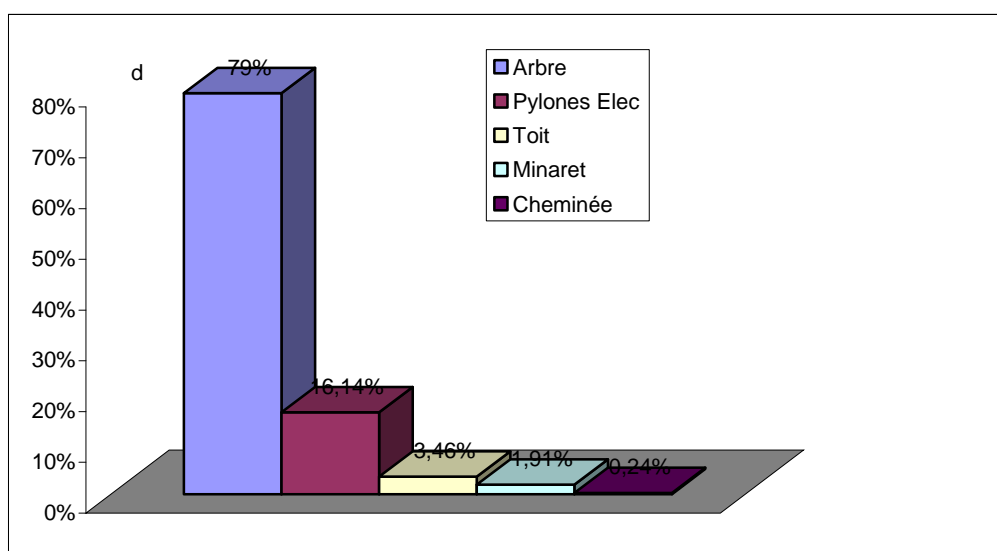
#### **2.3.2.4. Emplacement des nids**

En ce qui concerne l'emplacement des nids, nous avons pu remarqué qu'entre 2002 et 2007, le taux d'occupation des arbres est le plus élevé dépassant les 80% en 2007, sur les poteaux et pylônes électriques les nids sont passés de 14% en 2002 à 16% en 2005, et à 17% en 2007, ce type de support qui a évolué avec la réalisation de nouvelles lignes électriques s'observe surtout sur la route de Mezloug- Hammam Ouled yelles et dans le village même, aussi un taux de 100% de nids sur poteaux électriques est observé dans la colonie de Ouled Aggoun sur le territoire de Tella. Les toits des maisons sont occupés de moins en moins au fil des années passant en moyenne de 4% entre 2002 et 2005, ce taux a diminué pour atteindre 1,3% en 2007 (figure 12).

Nous avons constaté que le plus grand pourcentage des nids est bâti sur les arbres vu la disponibilité de ce support naturelle dans la région des hautes plaines sétifiennes,

Les nids sur les toits et minarets sont en baisse en conséquence à la nouvelle architecture dépourvue de toits en tuile habituellement utilisé par la cigogne, aussi les nids sont enlevés des minarets avant que les couples n'arrivent pour ce qu'ils causent comme incommodité par leurs déjections.





**Figure 12.** Pourcentage des différents types de supports recensés dans la région des Hautes plaines sétifiennes (a) 2002, (b) 2003, (c) 2004, (d) 2005, (e) 2006, (f) 2007.

### **2.3.2.5. Emplacement des nids et succès de reproduction**

Pour voir l'impact des structures sur lesquelles les nids sont bâtis sur le succès de reproduction de la Cigogne blanche nous avons procédé par une analyse de la variance à un facteur où le succès de reproduction est utilisé comme variable dépendante et le type de support comme variable indépendante (facteur), nous avons procédé à l'analyse année par année. Les résultats ont donné un effet significatif du support sur le succès de reproduction uniquement au cours de l'année 2002, ANOVA ( $F_{(6,594)} = 4,35$ ,  $P = 0,00026$ ), avec des différences significatives entre les nids établis sur les toits, les cheminées et les châteaux d'eau et ceux établis sur les arbres, poteaux et pylônes (Test post Hoc de Tukey  $< 0,05$ ). Le succès de reproduction le plus élevé est enregistré dans les nids établis sur les toits ( $2,31 \pm 0,18$ ,  $N = 22$ ), les cheminées ( $2,5 \pm 0,43$ ,  $N = 4$ ) et les châteaux d'eau ( $2,5 \pm 0,86$ ,  $N = 2$ ) vu l'isolement des nids, les valeurs moyennes du succès de reproduction des nids établis sur les arbres, poteaux et pylônes sont respectivement de ( $1,77 \pm 0,04$ ,  $N = 466$ ) et ( $1,43 \pm 0,09$ ,  $N = 89$ ). Par contre le type de support n'avait aucun effet sur le succès de reproduction en 2003 ( $F_{(5,800)} = 0,8$ ,  $P = 0,54$ ) ni en 2004 ( $F_{(8,767)} = 1,75$ ,  $P = 0,08$ ), ni en 2005 ( $F_{(5,831)} = 1,64$ ,  $P = 0,14$ ).

### **2.3.2.6. Sédentarité de la Cigogne blanche dans la région des hautes plaines sétifiennes**

Depuis les années 90, le phénomène de l'hivernage de la Cigogne blanche est apparu en Algérie signalé surtout dans la région Est du pays (Samraoui 2002). Ce phénomène est aussi apparu dans la région des hautes plaines sétifiennes à la fin des années 90 dans quelques localités avec un total de 57 individus entre 1999 et 2007 (tableau 8). Ces hivernants sont observés pour la plupart dans la région sud dans les localités de Ain Oulmène, Ain Lahdjar, Hammam Sokhna et aussi dans la région d'El eulma.

**Tableau 8.** Effectifs des individus hivernants de la cigogne blanche dans la région des hautes plaines sétifiennes. Période (1999-2005).

Daira	Année	Lieu d'observation	Nombre d'individus
Ain Oulmène	1999	Marécages	2
Ain Oulmène	2001	Marécages	3
Ain Lahdjar	2002	Prairies	2
Ain Oulmène	2002	Centre ville	3
Hammam Sokhna	2002	Marécages	3
Ain Oulmène	2003	Centre ville	3
Hammam Sokhna	2003	Marécages	3
El Eulma	2004	Siège Daira	2
Ain Oulmène	2004	Centre ville	5
Hammam Sokhna	2004	Marécages	3
Ain Lahdjar	2005	Prairies	3
Ain Oulmène	2005	Centre ville	4
Hammam Sokhna	2005	Marécages	2
El Eulma	2005	Siège Daira	5
El Eulma	2006	Siège Daira	7
El Eulma	2007	Siège Daira	7
Total			57

## **2.4. Discussion**

### **2.4.1. Evolution des couples nicheurs en Algérie et dans la région de Sétif entre 1935 et 2007.**

Cet essor démographique de la cigogne blanche en Algérie pourrait s'expliquer par l'amélioration du taux de survie dû à un effet combiné des améliorations de la pluviométrie sur les quartiers d'hiver tropicaux où hivernent les sujets d'Algérie et surtout de l'amélioration des conditions trophiques locales, en effet, les cigognes ayant aussi adopté les décharges d'ordures ménagères comme source de nourriture (Moali-Grine *et al.* 2004, présente étude), les cigognes ont été également observées se nourrir sur les dépotoirs des déchets de la volaille qui sont en train de proliférer d'une manière vertigineuse et notamment après 2002 dans la région de Sétif (voir chapitre 3).

L'augmentation spectaculaire entre 1995 et 2007 des effectifs nicheurs de la Cigogne blanche en Algérie dont les effectifs ont quasiment triplé pendant ce laps de temps pourrait d'une part être due aux recensements plus complets effectués pendant cette période.

Une comparaison des effectifs en Algérie avec l'évolution des populations nicheuses de la Cigogne blanche en Europe et au Magreb nous indique que l'accroissement des effectifs locaux s'inscrit dans le cadre de l'accroissement des effectifs de l'espèce dans toute son aire de nidification. Ceci a été mis en évidence lors du 5<sup>e</sup> recensement international de cette espèce qui a marqué l'explosion démographique des populations de cette espèce dans la plupart des pays d'Europe entre 1984 et 1994-1995 (Schulz 1999). Le taux d'accroissement au tour de cette dizaine d'années a été localement impressionnant. Il a été évalué, par exemple, à 34 % en Pologne où la population a dépassé les 40 000 couples en 1994- 1995 (Guziak et Jakubiec 1999). En Espagne les effectifs ont plus que doublé dépassant les 16 000 couples en 1994-1995 (Marti 1999). Plus près de l'Algérie au Maroc, les chiffres incomplets (El Aghbani et Dakki 1999) n'ont mis en évidence d'accroissement jusqu'en 1995). En Tunisie par contre les effectifs ont retrouvé en 1998-1999 le niveau d'abondance en 1975- 1976, un chiffre de 404 couples.

Effectivement l'accroissement continu en Algérie des couples nicheurs qui a aboutit entre 2001 et 2007 à 1192 va aussi de paire avec l'accroissement des couples nicheurs de cette espèce mis en évidence par le 6<sup>e</sup> recensement international effectué en 2004- 2005 qui a englobé 28 pays abritant près de 88% de la population mondiale et où l'Algérie n'a malheureusement pas fait partie. Ce recensement a mis en évidence la

présence de 23000 couples de Cigogne blanche à travers le monde soit une augmentation de l'ordre de 39% depuis 1994-1995, à titre d'exemple, le taux d'augmentation entre 1995 et 2005 était de 209% pour la France, 133% pour le Portugal, 100% pour l'Espagne et 28% pour la Pologne (NABU 2006).

Les facteurs invoqués pour expliquer cet essor démographique récent ont été une augmentation de la survie qui pourrait d'abord être due à une augmentation des individus qui hivernent au sud de l'Espagne (Tortosa *et al.* 1995) et à une amélioration des conditions d'hivernage en Afrique subsaharienne avec de bonnes conditions de pluviométrie (L'Hôte *et al.* 2002, NABU 2006).

Un autre facteur qui a pu contribuer à la reprise des effectifs a été le changement observé dans le comportement migratoire de l'espèce dont une partie a maintenant tendance à hiverner en Europe grâce à l'exploitation d'une nouvelle source de nourriture que constituent les décharges d'ordures ménagères, ces décharges sont aussi utilisées pendant la saison de reproduction (Tortosa *et al.* 2002) et de nouveaux milieux d'alimentation comme les rizières pour les sujets d'Espagne (NABU 2006).

Pour ce qui concerne la reprise des effectifs en Algérie, nous estimons qu'elle proviendrait probablement d'une amélioration du taux de survie annuelle mais en l'absence d'un programme de marquage et contrôle des oiseaux nous ne pouvons en faire que la supposition. L'amélioration de survie serait alors le résultat d'un effet sans doute combiné des améliorations récentes de la pluviométrie dans les quartiers d'hiver tropicaux où hivernent les sujets d'Algérie et surtout de l'amélioration des conditions trophiques, les cigognes ayant maintenant comme en quelques pays d'Europe, adopté les décharges d'ordures ménagères comme source de nourriture et notamment les dépotoirs illicites des déchets des poulaillers, phénomène qui s'est largement répandu ces dernières années surtout dans la région des hautes plaines sétifiennes.

Par contre, nous ne pouvons avancer le phénomène nouveau de la sédentarité de l'espèce en Algérie, comme facteur de cet accroissement démographique ceci en raison du faible nombre observé à l'Est de l'Algérie (Samraoui 2002) et à travers le territoire algérien (Kherfi 2008) et dans la région de Sétif (présente étude) où on a enregistré un faible nombre d'individus hivernants (57) pendant une période allant de 1999 à 2007. donc on ne pourrait pas avancer un recrutement local comme facteur ayant participé à cette hausse d'effectifs comme a été avancé par Moali-Grine (2007), mais plutôt, on pourrait supposer que les individus nicheurs d'Algérie proviendrait en plus de leurs

quartiers d'hivernage africains aussi de pays européens voisins tel que l'Espagne où les effectifs sont passés entre 1994-1995 et 2004-2005 de 16643 à 33217 couples nicheurs et où le nombre d'individus hivernants était de 31229 en 2004 (Molina et Del Moral 2005) ou le Maroc pays voisin où des centaines d'hivernants sont observés (Tortosa 2009, com. Pers.) ce taux très élevé d'hivernage de l'espèce est sans doute à l'origine d'un taux de survie plus élevé. Il faudra donc apporter d'avantage de données sur l'étendue réelle de ce phénomène d'hivernage de la cigogne blanche en Algérie pour en mesurer les conséquences sur les taux de recrutements locaux et de survie et par conséquent sur la dynamique de population de l'espèce, malheureusement, on n'a jamais eu l'occasion de voir des oiseaux bagués et donc savoir leur origine.

#### **2.4.2. Variation du succès de reproduction (JZm) en fonction du nombre de couples reproducteurs ayant réussi leur reproduction (HPm) au cours des quatre recensements nationaux 1993- 1995- 1998- 2001 en Algérie.**

Le succès de la reproduction n'étant pas affecté par la densité des couples nicheurs ceci prouve la disponibilité de biotopes favorables surtout pour la nourriture et également pour les structures des nids à travers tout le territoire algérien où cette population de cigogne blanche est en continuelle prolifération. Chez les cigognes, il n'y a généralement pas d'interférence dans la compétition pour les ressources. (Denac 2006). Par contre, la dépendance du succès de la reproduction de la densité chez la Cigogne blanche a été démontré (Barbraud *et al.* 1999, Sasvári *et al.* 1999) et chez d'autres Ciconiiformes (Van Vessem et Draulans 1986). Par contre, Grishchenko (2004) a trouvé que le succès de la reproduction chez la Cigogne blanche nichant en ukraine sous des conditions optimales de ressources alimentaires n'était pas dépendant de la densité, donc ces résultats sont semblables aux nôtres. Et nous pouvons avancer que les conditions d'alimentation dans les colonies à travers le territoire algérien pourraient refléter des milieux favorables et que la densité dépendance du succès de la reproduction ne pourrait être suspecté que dans le cas où les ressources sont limités du moment qu'ils exploitent une ressource commune.

Probablement, le phénomène principal de l'absence de cette dépendance du succès de la reproduction de la densité resterait cette nouvelle ressource exploitée par les cigognes qui sont les décharges publiques et les dépotoirs de déchets de la volaille qui est un phénomène commun dans toutes les régions du pays y compris la région de Sétif et par conséquent une bonne disponibilité alimentaire. En attendant des études plus



poussées pour étayer ce phénomène de densité dépendance du succès de la reproduction qui est un point très important pour expliquer la dynamique de population de la Cigogne blanche.

#### **2.4.3. Variation du succès de reproduction (JZm) dans les différentes régions d'Algérie. Au cours de la période 1993-2001.**

Le succès de reproduction qui semble être plus ou moins le même dans les différentes régions d'Algérie reflèterait des conditions de reproduction semblables à travers les différentes régions, des études plus poussées doivent être lancées dans ce sens dans les différentes régions d'Algérie.

#### **2.4.4. Localisation et importance numérique des colonies de la Cigogne blanche dans la région de Sétif, effectifs et expansion des couples nicheurs par localité.**

La région centre semble être la plus convenable pour la nidification de la cigogne blanche, c'est la zone des hautes plaines proprement dite à vocation céréalière et où se trouve la zone humide la plus importante, l'oued Boussellem qui offre de bonnes conditions de nidification pour l'espèce et l'oued Ouricia qui se trouve un peu plus au Nord de la région centre qui offre aussi de bonnes conditions de nidification à la Cigogne blanche avec sa peupleraie à *Populus alba* en plus grande abondance.

La population de cigogne blanche occupe dans la région sud la zone de basses plaines à vocation agro-pastorale tel que les régions de Ain Azel et Ain Oulmène qui abritent une grand effectif de la population par contre l'absence de l'espèce est notée dans la zone de montagne tel que Boutaleb et El Hamma, régions à vocation Agro-sylvo-pastorale. L'effectif très faible à l'extrême Nord ainsi que l'absence dans la région Nord ouest seraient dus au relief de la région qui est montagneux à paysage fermé où il existe des forêts, biotope non recherché par la Cigogne blanche et où l'étage bioclimatique est le sub humide frais ne convenant également pas à la nidification de cette dernière. Cet accroissement d'effectifs de couples nicheurs, s'est accompagné d'un accroissement spatial total de l'aire de distribution de l'espèce dans toute la région de sétif.

#### **2.4.5. Densité des couples nicheurs**

D'après ces données récentes (tableau 9), de la densité des populations de cigognes, la région de Sétif se range en 3<sup>ème</sup> position après Annaba et El Tarf, les deux

régions les plus peuplées par la Cigogne blanche. Hadji (1999) avait signalé 24, 45 couples / 100 km<sup>2</sup> dans la région de Sétif, nous remarquons donc que cette dernière a augmenté de 8,58 % depuis 1999. Ceci reflète des conditions de biotopes de bonne qualité pour l'espèce dans la région d'étude.

**Tableau 9.** Densité des couples nicheurs de la Cigogne blanche dans différentes régions d'Algérie.

Région	Densité (Nombre de couples / 100 km <sup>2</sup> )	Source
Annaba	62,12	S.C.F (2007)
El Tarf	37,88	S.C.F (2007)
Mila	24,96	S.C.F (2007)
Béjaia	14,77	Zennouche (2002)
Batna	11,5	Djeddou et Bada (2006)
Sétif	33,03	Présente étude

S.C.F : Service de conservation des Forêts.

#### 2.4.6. Sédentarité

Le phénomène de la sédentarité serait dû à l'apparition de nouvelles ressources alimentaires les décharges publiques et les dépôts illicites de déchets de la volaille, en effet, nous avons constaté la proximité de ces individus hivernants dans la région d'étude aux décharges. Tel qu'à El Eulma, Ain Oulmène et à Hammam Sokhna.

Kherfi (2008) a signalé le plus grand nombre d'individus dans la wilaya de Annaba avec 33 couples, la wilaya de Jijel avec 15 couples, de Tebessa avec 20 couples, quelques couples sont signalés à M'sila, Tizi Ouzou, et Sidi B. Abbas, ce phénomène est donc en train de prendre de l'ampleur en Algérie et dans la région d'étude, en conséquence un intérêt particulier s'y doit d'être accordé au cours d'études ultérieures pour l'impact qu'il pourrait avoir sur la dynamique de population de l'espèce.

#### 2.4.7. Nature du support du nid et effet de ce dernier sur le Succès de la reproduction

Nos résultats concernant les supports utilisés par la Cigogne blanche qui ont marqué une baisse dans l'occupation des toits de maison et une hausse dans

l'occupation des poteaux et pylônes au fil du temps sont semblables à ceux trouvés par Daniluk (2006) en Pologne.

Concernant l'absence de l'effet de la nature du support des nids en 2003, 2004 et 2005 Nous pensons que ceci pourrait s'expliquer par l'augmentation des dépotoirs des déchets de la volaille dans la région qui aurait pu agir sur le succès de la reproduction plus tôt que la nature du support, en effet, la richesse du milieu de reproduction semble affecter le succès de reproduction (Vergara et Aguirre 2006) plus que la structure du support du nid en soit (Janss et Sanchez 1997, Tryjanowski *et al.* 2005).

En 2002, le succès de reproduction plus élevé sur les toits, les cheminées et les châteaux d'eau pourrait s'expliquer par l'isolement des nids, la plupart du temps ces supports contiennent des nids isolés. Le taux le plus faible de succès de la reproduction noté sur poteaux et pylônes électriques pourrait s'expliquer par les dangers émanant de ces structures, en effet, Il a été suggéré qu'établir les nids sur les poteaux électriques cause des risques très élevés d'électrocution, surtout pour les jeunes cigogneaux durant leur premiers vols (Comme il a été trouvé que le champ magnétique affecte négativement la reproduction chez la cigogne blanche qui niche sur les poteaux électriques (Balmori, 2005). Dans le but de réduire ces menaces, les compagnies électriques et les conservateurs ont établi des plates formes sur ces poteaux électriques dans plusieurs pays d'Europe qui sembleraient jouer un rôle positif sur le succès de la reproduction chez la cigogne blanche notamment à partir de la deuxième année de la pose de ces plates formes (Tryjanowski *et al.* 2009). En Algérie, comme dans la région des hautes plaines sétifiennes, les cigognes posent encore leurs nids directement sur ces structures et semblent ne pas échapper aux dangers de ces dernières, malgré que ce type de support est en train de prendre de l'ampleur et représente un pourcentage de 35% sur tout le territoire algérien (Kherfi 2008).

Un intérêt particulier doit être accordé à cette nature de support représenté par les poteaux électriques pour amoindrir les risques.

### ***Chapitre 3***

***Effet des décharges publiques et des dépotoirs des déchets de la volaille sur le succès de reproduction.***

### 3.1. Introduction

Les oiseaux font partie des reproducteurs disposant de « revenus à la tâche » ou « journaliers » (income breeders), qui utilisent de manière préférentielle les ressources ingérées quotidiennement (Drent et Daan 1980, Stearns 1992). Pour ces espèces, le succès reproducteur et les coûts associés à la fonction de reproduction dépendent des ressources disponibles au moment de la reproduction.

De plus, l'accès à une bonne alimentation a un effet très important sur la dynamique des populations de la Cigogne blanche (Tryjanowski *et al.* 2005).

La nourriture supplémentaire attribuée aux oiseaux peut avoir des effets contemporains en réduisant le risque de l'inanition, augmentant le taux de survie et en changeant les paramètres de la reproduction tout en agissant sur les mouvements de migration.

En outre, chez les espèces qui procèdent à la réduction de la nichée par agression entre les poussins du nid (sibling agression), la mortalité est limitée par la nourriture supplémentaire, fait observé chez l'Aigle impérial *Aquila Adalberti* (González *et al.* 2006).

La nourriture supplémentaire est un outil de préservation qui a aussi été utilisé chez de nombreuses espèces de vertébrés (Boutin 1990). Les études qui existent montrent que chez les vertébrés la période de reproduction, l'âge de première reproduction et les taux de croissance sont limités par la disponibilité alimentaire (Boutin 1990, Schmidt et Hoi 2002 ; Tarr et Pekins 2002). Chez les oiseaux, les études expérimentales cherchant les effets potentiels de la nourriture supplémentaire ont concerné un très grand nombre d'espèces allant des plus petits passereaux aux oiseaux de proie.

Dans une étude récente chez la mésange bleue sur la nourriture supplémentaire durant l'hiver, les auteurs ont trouvé que cette dernière a un effet positif sur la reproduction ultérieure même si la nourriture est arrêtée six semaines avant le début de la reproduction, les oiseaux approvisionnés en hiver avaient fait une avance dans la date de ponte et un succès de reproduction plus élevé (Robb *et al.* 2008).

La qualité et la quantité de nourriture que les parents attribuent à leurs poussins est le facteur environnemental le plus important influençant le succès de reproduction de plusieurs espèces d'oiseaux (Martin 1987), y compris la cigogne blanche (Tryjanowski *et al.* 2005).

Il est normalement admis par les ornithologues que les décharges publiques sont des ressources prévisibles dans lesquelles un rang très large d'oiseaux en tire bénéfice (Mendelssohn et Yom-Tov 1999). Cette aspect a été bien étudié en Péninsule Ibérique chez plusieurs groupes d'oiseaux, chez les mouettes (Donázar 1992), les hérons (Sarasa *et al.* 1993), les rapaces (Ceballos et Donázar 1990, González *et al.* 2006) et les cigognes (Gomez Tejedor et De Lope 1993, Tortosa *et al.* 2002, Peris 2003).

Une forte disponibilité alimentaire issue des décharges pourrait avoir une forte influence sur quelques paramètres biologiques de la Cigogne blanche. Le premier paramètre qui pourrait être affecté, concerne les habitudes migratoires (Molina et Del Moral 2005), le succès de la reproduction, l'âge de première reproduction (Tortosa *et al.* 2002), la réduction du taux de mortalité des jeunes (Tortosa *et al.* 1995 b).

Donc sous un point de vue évolutif, on s'attendrait à ce que une disponibilité alimentaire à la longueur de l'année produise un changement dans les habitudes migratoires. En effet, ce facteur a affecté beaucoup de variables en relation avec l'efficacité biologique (fitness) de la Cigogne blanche, par exemple, il a été trouvé que les poussins derniers éclos de la nichée avaient eu un meilleur succès reproducteur par rapport à leurs frères premiers éclos ; du moment que ces derniers éclos de la nichée n'avaient pas fait de migration et ont opté pour la sédentarité car ils avaient assez de nourriture provenant des décharges lors de la saison d'hivernage. Donc ces décisions individuelles peuvent être considérées comme stratégie adaptative pour augmenter leur efficacité biologique (Aguirre 2006).

De notre part, les études de l'impact de ces nouvelles ressources de nourriture pour les oiseaux et pour la cigogne en particulier sont absents en Algérie, ce qui nous a poussé à étayer cet argument avancé par Moali-Grine *et al.* (2004) dans la reprise des effectifs de l'espèce en Algérie. Dans ce sens nous avons essayé de voir l'impact de ces décharges d'ordures ménagères et surtout des dépotoirs illicites des déchets purement organiques émanant des poulaillers dans la région des hautes plaines sétifiennes sur le succès de reproduction durant quatre années de suivie de la dynamique de populations de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* dans la région.

Le but de ce travail, était de trouver un impact de cette nouvelle source protéinique sur le succès reproducteur, afin de mieux cerner l'impact des facteurs écologiques sur la répartition des effectifs nicheurs de la Cigogne blanche.

### 3.2. Matériel et méthodes

Avec l'objectif d'étudier l'impact de l'exploitation de nouvelles ressources de nourriture représentées par les décharges d'ordures ménagères et notamment les déchets émanant des poulaillers dont le nombre a explosé à partir de 2002- 2003 dans la région de Sétif (Direction de l'environnement), en effet, ces derniers constituent des ressources alimentaires utilisées par les cigognes constituant ainsi de la nourriture supplémentaire en plus de la nourriture naturelle disposée dans leurs gagnages.

Ces dépotoirs de déchets de poulet sont situés des fois à moins de 100 m de la colonie. Les nids sont considérés sous ou loin de l'influence des décharges sous le critère de distance à la plus proche décharge. La Cigogne blanche peut se déplacer jusqu'à douze km de son nid pour aller se nourrir (Alonso *et al.* 1994). Donc on a considéré que si la colonie était située à dix km ou moins les couples nicheurs étaient sous l'influence de la décharge. Comme méthode conservative, les nids situés à plus de 10 km sont considérés comme nids témoins, méthode déjà utilisée par Tortosa *et al.* (2002).

Le nombre de nids considérés sous l'influence de la décharge était de 371 en 2002, 531 en 2003, 548 en 2004 et 692 en 2005 qui sont représentés par les colonies se trouvant sur le territoire de Sétif, aux localités de Guellél, Mezoulou, El Eulma, Ain Abessa, Ain Oulmène, Ain Azel, Bougaâ, Maoklane. Le nombre de nids témoins était de 230 en 2002, 275 en 2003, 228 en 2004 et 145 en 2005, qui se trouvaient dans les territoires de Beni Fouda (colonie de oued Essafsaf), Béni Aziz (colonies de Ain essebt et Ain Djawhra), Ain El Kebira (colonie de Mredj midoune), Ouled Adouane (Colonie de Merdjjet Essid, colonie de Ouled Aiche), Beida bordj, Ouricia (Oued Ouricia), (Ain Erromène), Ain Roua (Beni Zerig).

Ce sont surtout les colonies du centre et Sud de la région qui se trouvent sous l'influence des dépotoirs et des décharges, ces dépotoirs sont en général des sites où les propriétaires des poulaillers déposent les restes de la volaille à sécher à l'air libre pour en faire des engrais par la suite. Ces éleveurs sèchent ces déchets pendant tout le long de l'année et surtout au printemps où l'élevage du poulet est à son top à cause de l'élévation de la température par conséquent c'est un fait très bénéfique pour la cigogne coïncidant avec la période d'élevage de ses poussins donc pendant sa reproduction. Ces déchets peuvent aussi être jetés dans des dépotoirs illicites loin ou près des décharges publiques, nous avons énuméré ces dépotoirs et ces décharges dans le tableau 10.

**Tableau 10.** Dépotoirs et décharges fréquentés par les cigognes.

Région	Dépotoirs et lieux de séchage	Décharges publiques		
<b>El Eulma</b>	Ferme Makhloufi	EL Berda (El Eulma)		
	Smara village			
	Tachouda (Lemdjez)			
	Souamaâ			
<b>Sétif</b>	Hchichia	Sidi Haider (Sétif)		
	Sidi El khier			
	Chouf El kded			
	Bords de la décharge de Sidi Haider			
	El Bez (château d'eau)			
<b>Mezloug</b>	Toute la région de Hammam ouled yelles			
<b>Guellél</b>	Bords de la décharge Sidi Tahar	Sidi Tahar (Guellél)		
	Entre sebkhet Melloul et RN 28			
<b>Ain Arnet</b>	Toute la région de Ain Arnet	Ain Arnet		
	El Anasser			
<b>Ain Oulmène</b>	Région de Ain oulmène	Ain Oulmène		
<b>Bellaâ</b>	village			
<b>Ain Azel</b>	Rimit	Ain Azel		
	Lasgaâ			
	Lagouarda			
<b>Ain Abessa</b>	Oued longeant le village	Ain Abessa		
<b>Maoklane</b>	Région de maoklane			
<b>Oum Laâdjoul</b>	Village			
<b>Hammam Sokhna</b>	Toute la région Hammam Sokhna	Hammam sokhna		



Concernant les décharges publiques, les plus fréquentées nous avons pu observé le plus grand nombre de cigognes dans les décharges d'El Berda à El Eulma, de Sidi Haider à Sétif, de Ain Arnet, de Hammam Sokhna de Sidi Tahar à Guellet, et à la décharge de Ain Oulmène.

Ces cigognes ont été aussi observées se nourrir sur des déchets crus de poulets dans les dépotoirs illicites de déchets de la volaille avant la période de la ponte et pendant la saison de l'élevage des jeunes.

Ces dépotoirs sont notés à partir d'observations personnelles de cigognes se nourrissant dessus et à partir d'enquêtes adressées aux services d'hygiène des communes dont une minorité a répondu.

Donc vu les observations sur terrain les distances ont été estimées approximativement en fonction de la proximité des nids soit aux décharges, soit aux dépotoirs des déchets les plus proches, toujours en relation avec des observations de cigognes se nourrissant sur ces lieux. Dans le cas où les observations n'ont pas pu être faites, nous avons estimé ces distances par rapport au lieu le plus proche qui pourrait être utilisé comme un lieu d'alimentation des ces oiseaux.

Le nombre de poussins arrivés à l'envol est relevé dans tous les nids à chaque année depuis 2002 à 2005. Le succès de reproduction est évalué par le nombre de poussins arrivés à l'envol par couple nicheur. Pour la méthodologie du comptage (voir chapitre dynamique de populations).

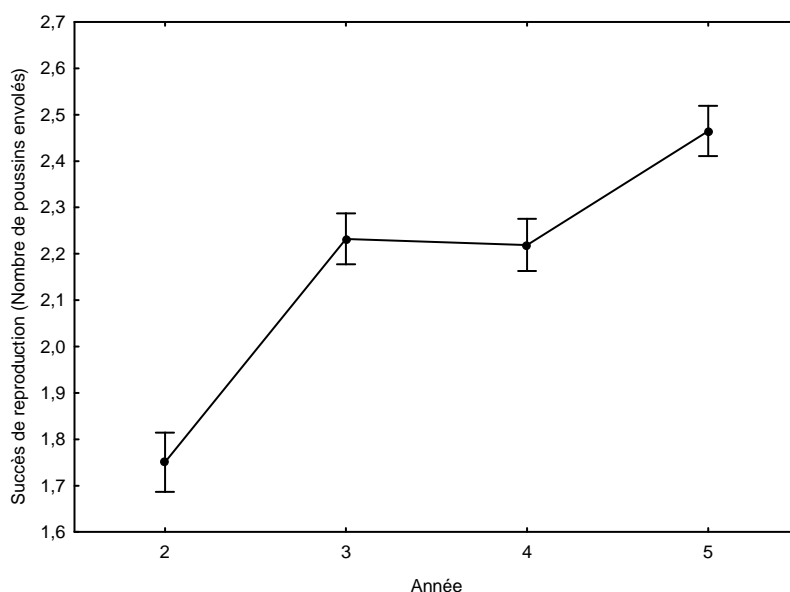
### **3.2.1. Statistiques**

Les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant SAS (statistical package, SAS Inc. 9, 2003) pour les analyses de la covariance (ANCOVA) et STATISTICA pour Windows version 6.0 pour le reste des analyses.

### 3.3. Résultats

#### 3.3.1. Succès de reproduction au cours des quatre recensements effectués dans la région de Sétif (2002-2005).

La figure 13 montre que le succès de reproduction était plus faible en 2002 ( $1.75 \pm 0.88$ ) qu'en 2003 ( $2.23 \pm 0.85$ ) et 2004 ( $2.22 \pm 0.72$ ), la plus grande valeur était observée en 2005 ( $2.46 \pm 0.75$ ), (ANOVA,  $F_{(3,3016)} = 95.13$ ,  $P = 0.00001$ ) avec différence significative entre, 2002 et le reste des saisons de reproduction et aussi entre 2003, 2004 et 2005 (test post Hoc de Tuckey  $< 0.05$ ).



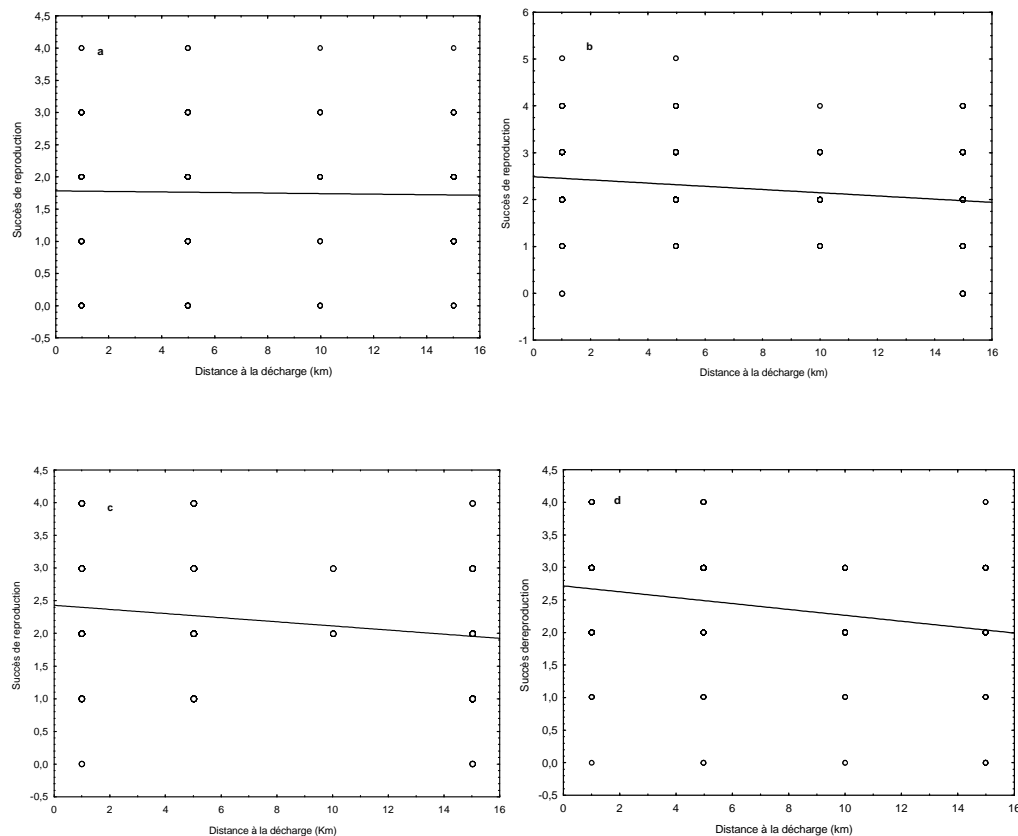
**Figure 13.** Succès de reproduction (Moyenne  $\pm$  DS) au cours des quatre saisons de reproduction (2002-2005).

#### 3.3.2. Succès de reproduction en fonction de la distance à la décharge

Pour voir si la distance aux dépotoirs de déchets de poulet et aux décharges affecte le succès de reproduction on a exploité les données par une analyse de régression simple entre ces deux paramètres.

Le succès de reproduction était corrélé négativement à la distance d'une manière significative durant les trois saisons de reproduction 2003, 2004 et 2005 ( $r = -0.23$ ,  $P = 0.0000001$ ,  $N = 806$ ;  $r = -0.25$ ,  $P = 0.0000001$ ,  $N = 776$ ;  $r = -0.30$ ,  $P = 0.0000001$ ,  $N = 837$ ; figure 14, b, c, d) respectivement, ces corrélations marquent une baisse significative du succès de la reproduction plus on s'éloigne de ces dépotoirs. Cependant durant la saison de reproduction 2002 cette relation n'était pas significative

( $r = 0.028$ ,  $P = 0.48$ ,  $N = 601$ ; figure 14 a). Par conséquent la distance aux dépotoirs a affecté le succès de la reproduction au cours de toutes les années d'étude à part en 2002.



**Figure 14.** Succès de reproduction en fonction de la distance aux décharges et aux dépotoirs au cours des quatre saisons de reproduction (2002-2005). (a) en 2002, (b) 2003, (c) 2004 et (d) en 2005.

### 3.3.3. Interactions entre facteurs affectant le succès de la reproduction

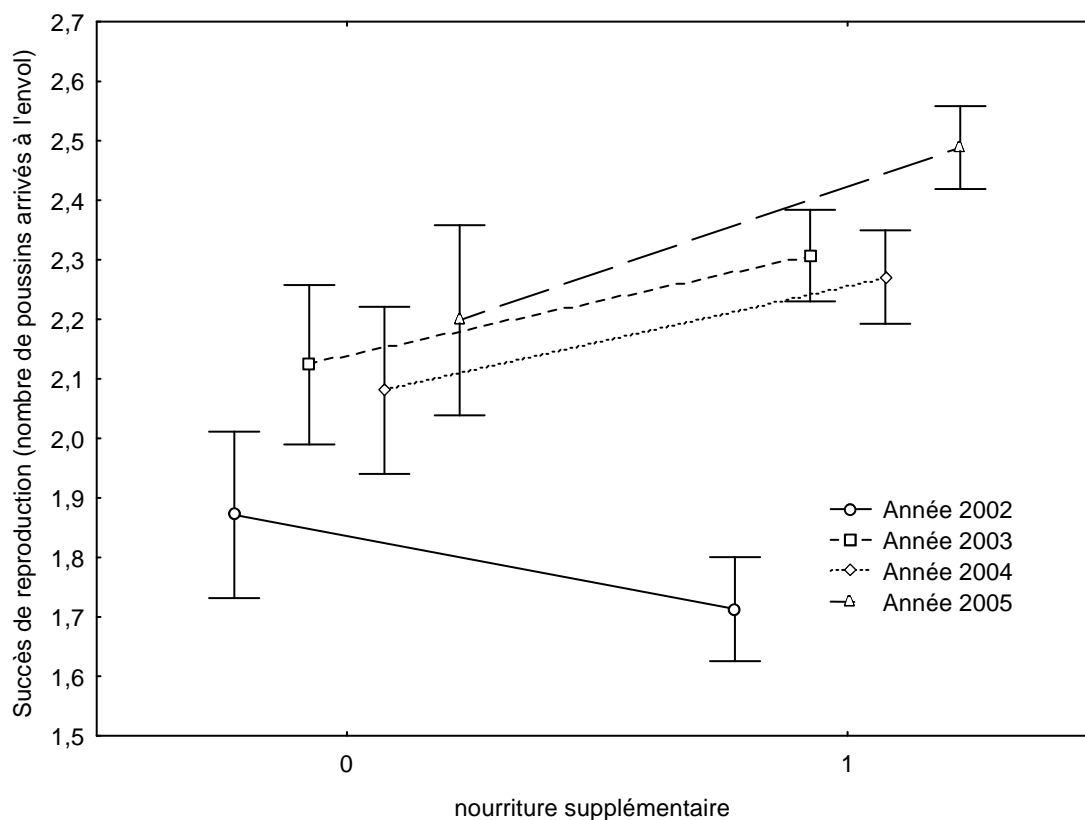
Pour confirmer l'effet de la distance sur le succès de la reproduction et tester l'interaction entre les différents facteurs pour voir s'il existe un éventuel effet des facteurs environnants sur le succès de reproduction, nous avons procédé par une ANCOVA où l'année et la nourriture supplémentaire sont considérées comme facteurs indépendants et la distance comme covariable. Les résultats confirment l'effet très significatif de la distance donc les oiseaux bénéficiaient de ces dépotoirs et décharges pour améliorer leur succès de reproduction et aussi l'effet de l'année où la différence est due au succès de reproduction le plus faible en 2002, cette analyse donne aussi une interaction très significative entre l'année et la nourriture supplémentaire ( $F_{(3, 3011)} =$

8,84,  $P= 0,000008$ ) (tableau 11), comme le montre la figure 15 où le succès de reproduction est élevé quand il y a nourriture supplémentaire au cours de toutes les années à part pour l'année 2002, malgré la présence de la nourriture supplémentaire au cours de cette année, ceci pourrait s'expliquer par les conditions climatiques (faible pluviométrie) qui ont régné pendant la saison d'élevage des jeunes (mois d'Avril, Mai, Juin) en 2002.

Les valeurs moyennes du succès de reproduction sont plus élevées dans les stations situées près des dépotoirs et décharges notamment au cours des années 2003, 2004 et 2005 (tableau 12).

**Tableau 11.** Analyse de la covariance pour les effets indépendants des facteurs sur le succès de reproduction. Année, nourriture supplémentaire sont des variables indépendantes et la distance est une covariable.

	SS	DF	MS	F	P
Distance à la décharge	6,49	1	6,49	10,79	0,001
Année	93,2	3	31,06	51,59	0,000000
Nourriture supplémentaire	1,62	1	1,62	2,69	0,100
Année*Nourriture supplémentaire	15,98	3	5,32	8,84	0,000008
Erreur	1813,22	3011	0,6		



**Figure 15.** Succès de reproduction au cours des différentes années (moyenne  $\pm$  DS) en absence de nourriture supplémentaire = 0, et en présence de cette dernière = 1.

**Tableau 12.** Valeurs moyennes du succès de la reproduction au cours des années (2002-2005). 0 = Absence de nourriture supplémentaire, 1 = présence de cette dernière.

Année	Nourriture supplémentaire	Succès de reproduction	Erreur standard	N
2002	0	1,71	0,05	230
2002	1	1,77	0,04	371
2003	0	1,96	0,05	275
2003	1	2,37	0,03	531
2004	0	1,91	0,05	228
2004	1	2,34	0,03	548
2005	0	2,03	0,06	145
2005	1	2,55	0,03	692

### 3.4. Discussion

#### 3.4.1. Succès de reproduction au cours des quatre recensements effectués dans la région de Sétif (2002-2005) et impact de la distance à la décharge sur ce paramètre.

La nourriture supplémentaire épargne aux parents des dépenses parentales (parental expenditure), nécessaires dans l'effort de reproduction, ainsi dans un contexte évolutif sous un point de vue étho-écologique, les parents ne perdent pas de leur propre efficacité biologique (fitness) qui se traduit par exemple sous la forme d'une réduction de leur valeur reproductrice résiduelle (residual reproductive value) dans ces conditions de bon approvisionnement.

Dans cette étude, les différences dans le succès de reproduction entre les différentes années seraient dues d'une part aux taux de survie plus forts des poussins dans les sites au cours des années de plus forte pluviométrie comme les années 2003, 2004 et 2005 malgré qu'au cours de cette année les données sur la pluviométrie manquaient dans beaucoup de stations (tableau 2) comparés avec les valeurs du succès de la reproduction au cours de l'année 2002 où on a enregistré des taux de pluviométrie plus faibles dans la majorité des localités par rapport à 2003, 2004 et 2005. D'une autre part, ces plus fortes valeurs de ce paramètre de la reproduction dans les différentes stations à travers tout le territoire pendant les différentes années d'étude pourraient aussi s'expliquer par la proximité des colonies aux sites plus près des dépotoirs de déchets de la volaille et des décharges donc avec nourriture supplémentaire comparés avec les sites sans ce supplément.

Il est aussi probable que ce succès de la reproduction serait une conséquence de l'amélioration de la condition physique des parents (improved parental condition) vu la disponibilité alimentaire qui leur permettrait de mieux prendre soin des poussins (Goodburn 1991).

Le succès de reproduction chez la cigogne blanche *Ciconia ciconia* est directement affecté par la disponibilité alimentaire, étant élevé au cours des années peak vole years (Tryjanowski et Kúzniak 2002), chez les cigognes se reproduisant près des décharges publiques (Tortosa *et al.* 2002) ou en présence du bétail où les cigognes ont meilleur accès aux ressources alimentaires (Tryjanowski *et al.* 2005). Les cigognes blanches choisissent leur milieux d'alimentation suivant la disponibilité des proies et leur accessibilité (Alonso *et al.* 1991).

Une étude à long terme entre 1984 et 1994 au Sud de l'Espagne a montré que la proportion des couples nicheurs autour des décharges a augmenté de 17% à 45% du total de la population reproductrice (Tortosa *et al.* 1996), nous pensons également pareil pour la situation en Algérie (voir chapitre de la dynamique de populations) mais des études plus poussées méritent d'être lancées dans le but d'étayer la relation entre l'augmentation des couples nicheurs et la fréquentation de ces nouveaux gagnages.

En effet, l'augmentation de la population nicheuse de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Espagne de 6753 couples en 1984, 16643 en 1994 et 33217 couples en 2004 (NABU 2006) a été attribué à l'utilisation de cette nourriture provenant de ces décharges publiques tout le long de l'année (Martinez, 1995; Tortosa *et al.* 1996), ce qui réduit le taux de mortalité au cours de la première année d'âge (Tortosa *et al.* 1995 b), cette nourriture dans les décharges pourrait aussi expliquer les nouvelles stratégies de migration de l'espèce (Fernández-Cruz et Sarasa 1998), qui est devenue hivernante. Justement l'impact de ces décharges comme lieu d'alimentation pour les cigognes a été étudié non seulement pendant la saison d'hivernage pour clarifier le phénomène de la sédentarité en Europe (Tortosa *et al.* 1995 b, Blanco 1996) mais aussi pendant la saison de reproduction pour voir l'impact de ce supplément alimentaire sur le succès de reproduction (Tortosa *et al.* 2002), ce dernier auteur a trouvé que le succès de la reproduction était plus élevé dans les colonies situées près des décharges. En effet, la reproduction exige une forte demande en énergie pour les oiseaux et la nourriture est l'un des majeurs facteurs limitants pour le succès reproducteur, du moment que la croissance post-natale est la période exigeant une forte demande d'énergie dans la vie des oiseaux (Ricklefs, 1983). Notre étude également prouve un impact de ces décharges sur la reproduction en améliorant le succès de cette dernière.

### **3.4.2. Interactions entre facteurs affectant le succès de la reproduction**

Robb *et al.* (2008) dans une synthèse sur l'effet de la nourriture supplémentaire sur les changements écologiques des populations d'oiseaux ont trouvé que dans 64% des travaux le succès de reproduction est affecté positivement et dans 56% des travaux consultés les taux de croissance des poussins sont affectés par cette dernière et par conséquent leur survie augmente.

D'une autre part, évaluer les impacts écologiques de la nourriture supplémentaire demeure un défi formidable. Jusqu'à présent la plupart des travaux dans

ce domaine se sont intéressés à l'évaluation de son impact comme un facteur unique cependant, il reste les interactions entre cette nourriture supplémentaire et d'autres facteurs du milieu tels que le climat, la prédation, de telles recherches nous aideraient à mieux comprendre comment les populations d'oiseaux répondraient aux changements environnementaux.

Denac (2006), dans un travail sur la cigogne blanche a trouvé que les mauvaises conditions climatiques (froid et pluie) pendant la saison d'élevage affectent négativement le succès de la reproduction mais seulement dans les régions de faible disponibilité alimentaire, ce point est très important liant interaction entre climat et conditions de ressources alimentaires terrain encore manquant de recherches et clarifications (Robb *et al.* 2008). Dans notre étude le supplément alimentaire n'a pas eu d'impact en 2002, en effet, la quantité moyenne de pluie enregistrée au cours de la période d'élevage, mois d'Avril, Mai et Juin était plus faible en 2002 qu'en 2003, 2004 et 2005 dans presque toutes les stations (tableau 3), ce qui a engendré un manque de petits insectes et invertébrés soit des proies de petite taille accessibles aux poussins de la première semaine d'âge, rappelons que cette nourriture émanant de ces dépotoirs des déchets du poulet pourrait satisfaire les besoins des poussins plus ou moins à partir de la deuxième semaine d'âge vu la taille plus grande de ces proies (morceaux d'intestins, pattes, tête) d'après les observations faites aux nids.

Nous pouvons dire donc qu'avec ces nouvelles ressources utilisées par la cigogne on est en train de faire face à une expérience naturelle très intéressante à un niveau de population pour comprendre l'évolution de leur plasticité et leur capacité adaptative à de nouvelles circonstances.



## ***Chapitre 4***

***Formation des couples, construction des nids, relation  
entre la taille du nid et les paramètres de  
reproduction***

#### 4.1. Introduction

La Cigogne blanche *Ciconia ciconia* est potentiellement un excellent modèle pour étudier les caractéristiques des nids et le comportement de la construction de ces derniers surtout chez les espèces qui réutilisent leurs nids. Cette espèce construit des nids larges perpétuels sur de multiples supports tels que arbres, pylônes, toits, cheminées (Cramp et Simmons 1977, Tryjanowski *et al.* 2009) qui sont réutilisés pour des années et même des décades (Cramp et Simmons 1977, Barbraud *et al.* 1999, Prieto 2002, Vergara *et al.* 2006).

La construction de nouveaux nids est toujours associée à une augmentation des populations où les nouveaux couples (recrutés) doivent convenir et élaborer de nouveaux sites de nidification (Vergara *et al.* 2007 a).

Bien que les mâles de la Cigogne blanche prennent la charge d'apporter la plus grande partie du matériel pour réparer les nids ou construire des nouveaux, les femelles aussi sont impliquées dans le processus.

L'apport de matériaux aux nids commence avec l'arrivée du premier individu de chaque couple retourné au nid, la plupart du temps les mâles (Barbraud *et al.* 1999), mais l'ajout de matériaux continue durant tout le long de la période de reproduction et même après que les poussins s'envolent (Cramp et Simmons 1977).

Le rôle des caractéristiques des nids et le comportement dans la construction du nid a été très peu exploré chez cette espèce. Quelques études supposent que les nids de plus grand volume sont occupés plus tôt et donnent un plus grand succès de reproduction que les nids de plus petite taille (Tortosa et Redondo 1992, Bocheński et Jerzak 2006, Tryjanowski *et al.* 2009).

Les nids n'ont pas de propriétaire au début de la saison de reproduction. Le couple définitif est toujours le même que celui de l'année passée (Bocheński et Jerzak 2006), mais ce couple doit défendre son nid contre les compétiteurs à chaque saison de reproduction (Prieto 2002). De plus les combats entre les individus peuvent provoquer des destructions des œufs qui sont souvent observés chez la cigogne blanche (Tortosa et Redondo 1992, Prieto 2002).

Il y a donc une évidence qui suppose la présence de la compétition pour les nids chez la Cigogne blanche, entre les individus de la même colonie. Sous ce scénario, une distribution despotique entre les individus de meilleur phénotype occupant les meilleurs nids est préconisée dans la colonie (Serrano et Tella, 2007). Chez la Cigogne blanche, la qualité des individus est relative à l'âge qui est aussi un critère de gain de l'expérience

(Vergara et Aguirre 2006, Nevoux *et al.* 2008) et ceci pourrait expliquer pourquoi les individus âgés occupent les positions les plus favorables du centre des colonies alors que les plus jeunes établissent leurs nids dans la périphérie des colonies (Vergara et Aguirre 2006).

Par ailleurs, le choix d'un partenaire n'est pas un processus aléatoire du moment que dans chaque espèce les membres d'un sexe déterminé montrent des préférences pour des individus du sexe opposé (Darwin 1871 in Tortosa 1992).

A la sélection d'un mâle adéquat s'associent deux types de bénéfices : directs qui agissent sur l'efficacité biologique de la femelle et indirects agissant sur l'efficacité biologique des descendants (Kirpakpatrick et Ryan 1991).

Le but de ce présent travail est d'explorer la relation entre la taille du nid, sa date d'occupation et le succès de reproduction dans une population de Cigogne blanche.

Si la taille du nid confère des différences dans l'efficacité biologique de ses occupants (Sasvari *et al.* 1999, Tryjanowski *et al.* 2005), on s'attend donc à ce que les nids de plus grande taille soient occupés tôt au cours de la saison de reproduction et par des individus de meilleur qualité phénotypique ou par des individus plus expérimentés.

#### **4.2. Matériel et méthodes**

On a enregistré les dates de retour des mâles et femelles des couples migrateurs uniquement dans la colonie de Ain Azel (Lagouarda). Les données concernant la phénologie d'installation des couples nicheurs a été uniquement suivie dans cette colonie où notre assistant de terrain nous a aidé pour compléter ces observations qui demandent une présence continue sur terrain.

La date d'occupation d'un nid est définie comme étant le premier jour où un individu est observé perché, défendre ou construire un certain nid (Vergara *et al.* 2007 b).

La date de formation des couples est définie comme étant le jour où se réalisent les premiers accouplements.

#### **4.2.1. Mesures des nids**

La taille des nids est estimée à partir de la longueur de ce dernier (diamètre), vu les difficultés sur le terrain et l'incommodité de prendre les trois mesures longueur, largeur et profondeur pour établir le volume.

Nos résultats donc n'ont tenu compte que de la longueur des nids qui a été mesurée avant l'arrivée des couples (mois de Décembre, Janvier) pour les trois saisons de reproduction 2002, 2003 et 2004 et après l'envol des poussins (la fin Juillet) en 2004 où nous avons procédé à une deuxième mesure après l'envol des jeunes du nid, le but de ces deux mesures prises au cours de la saison de reproduction 2004 était d'élaborer des données concernant le comportement de la construction des nids chez la Cigogne blanche durant la saison de reproduction et son rôle plausible comme signal pré ou post-nuptial. Il n'y a que les nids ayant réussi leur reproduction (où au moins un poussin s'est envolé) qui ont été inclus dans les analyses.

La taille des échantillons variait selon les variables étudiées (date d'occupation des nids, date de formation des couples et taille du nid) (voir résultats), en effet, on n'était pas dans la mesure de les prendre toutes dans l'ensemble des nids.

#### **4.2.2. Analyses statistiques**

Les variables diamètre du nid, date de retour au nid ; date de formation des couples et taux d'augmentation de la taille du nid n'avaient pas une distribution normale et donc on a utilisé les statistiques non paramétriques. Pour les corrélations on a utilisé la corrélation de Spearman (Spearman R) et pour les comparaisons entre deux échantillons associés par paires, le test de Wilcoxon.

Les changements dans la taille des nids entre les deux saisons de reproduction 2002 et 2004 et entre le début et la fin de la saison de reproduction 2004 ont été évalués par le test de comparaison de Wilcoxon.

Toutes les analyses ont été performées par STATISTIQUE pour Windows version 6.0.

### **4.3. Résultats**

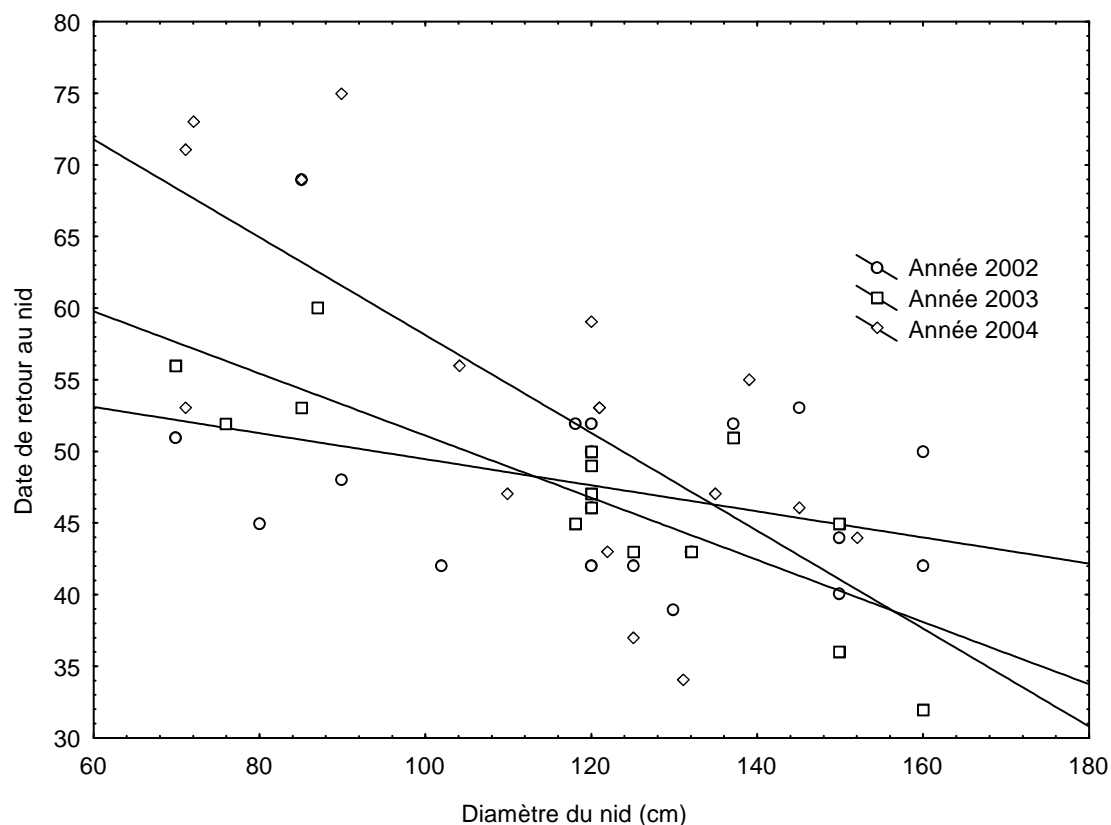
#### **4.3.1. Arrivée des couples nicheurs**

Durant les trois saisons de reproduction 2002, 2003 et 2004, un total de 51 nids a été suivi pour savoir l'ordre d'occupation de ces derniers, en 44 occasions s'était le mâle qui arrivait en premier au nid, 6 nids seulement sont occupés par les femelles en première position.

Dans la région d'étude le retour des cigognes est enregistré entre le 3 Février et le 25 Mars en 2004 (moyenne le 22 Février, N= 17). En 2003 entre le 3 et le 29 Février (date moyenne 15 Février, N= 15) et en 2002 entre le 8 Février et le 9 Mars (date moyenne, le 16 Février, N= 19).

#### **4.3.2. Influence des dimensions du nid sur l'élection de ce dernier**

Les nids de plus grande taille sont occupés en première position, cependant les mâles qui reviennent plus tardivement occupent les nids de volume plus petit et des nids en mauvais état et donc seront obligés de les rénover. Ces préférences sont valables pour les deux sexes, autant les mâles que les femelles occupent les nids progressivement de plus grand à un volume plus petit au fur et à mesure des dates d'arrivée dans les colonies. cette préférence est vérifiée par la corrélation négative très significative entre le diamètre du nid et la date d'occupation de ce dernier (corrélation de Spearman,  $R = -0,70$ ,  $P = 0,0016$ ,  $N = 17$  pour 2004,  $R = -0,79$ ,  $P = 0,00045$ ,  $N = 15$  pour 2003 et non significative en 2002,  $R = -0,27$ ,  $P = 0,24$ ,  $N = 19$ ), (figure 16).

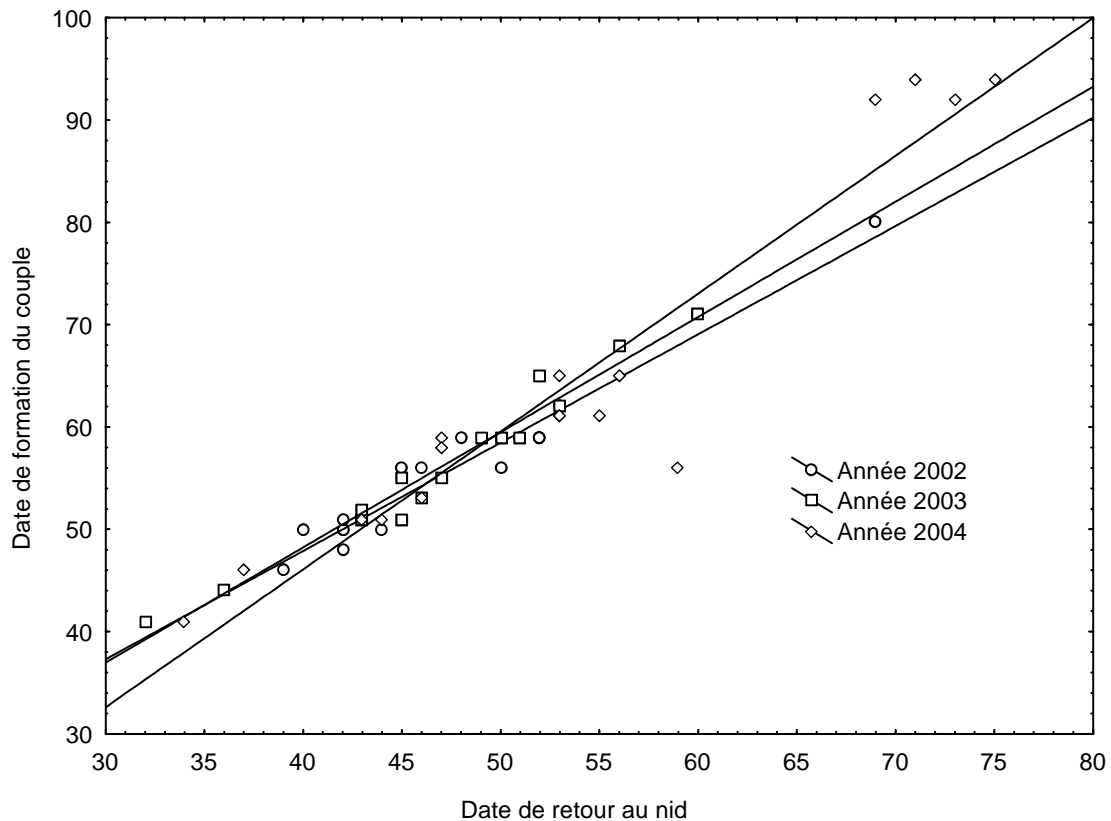


**Figure 16.** Relation entre la date de retour aux nids et le diamètre de ces derniers (jour 1 = 1<sup>er</sup> Janvier).

#### 4.3.3 Formation des couples

Tous les mâles qui ont occupé un nid avant l'arrivée d'une femelle ont accepté la première partenaire qui arrivait au nid alors que trois femelles des six (50%) qui ont occupé les premières les nids ont refusé les premiers mâles qui avaient tenté de s'établir dans leurs nids avec agressivité ce qui a poussé ces partenaires à quitter les lieux.

D'un autre côté les individus premiers arrivés ont pu avoir des partenaires plus tôt que les individus arrivés plus tard du moment que la date d'occupation des nids était positivement corrélée à la date d'obtention du partenaire pour les trois années ( $R = 0,94$ ,  $P = 0,000000$ ,  $N = 19$ ) en 2002, ( $R = 0,97$ ,  $P = 0,000000$ ,  $N = 15$ ) en 2003,  $N = 15$  et ( $R = 0,91$ ,  $P = 0,000000$ ,  $N = 17$ ) en 2004 (figure 17).



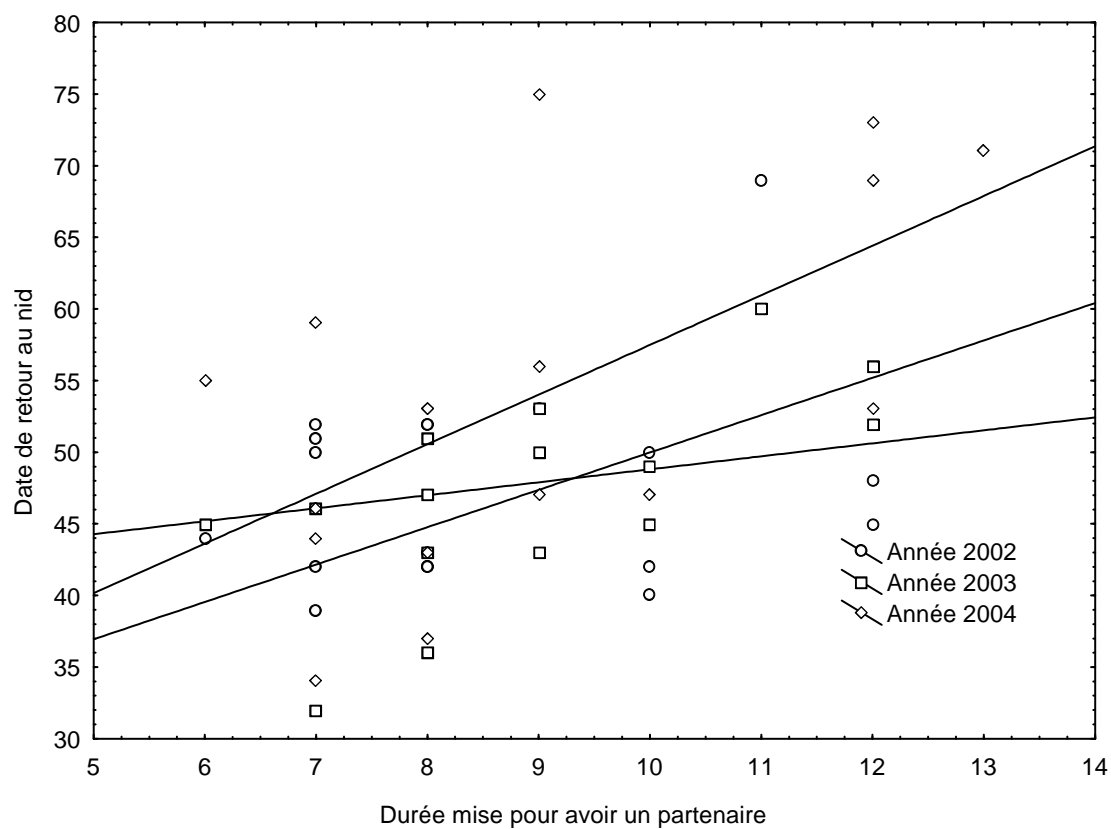
**Figure 17.** Relation entre la date de retour aux nids et la formation des couples (jour 1= 1<sup>er</sup> Janvier).

Cette corrélation prouve que les mâles qui retournent plus tôt aux nids forment leur couple ou arrivent à avoir un partenaire au cours d'un temps plus court.

La durée que mettent les mâles sans une partenaire était influencée aussi bien par la date de retour à la colonie comme par la taille du nid (corrélation positive entre cette durée et la date d'arrivée au nid en 2004 ( $R= 0,50$ ,  $P= 0,03$ ) et en 2003 ( $R=0,64$ ,  $P= 0,0094$ ) par contre en 2002, malgré que cette durée que mettent les mâles à trouver une partenaire était positive mais elle n'était pas significative ( $R= 0,11$ ,  $P= 0,65$ ). Ce qui suppose pour les deux saisons de reproduction 2003 et 2004 que les premiers arrivés ont mis moins de temps à trouver un partenaire (figure 18).

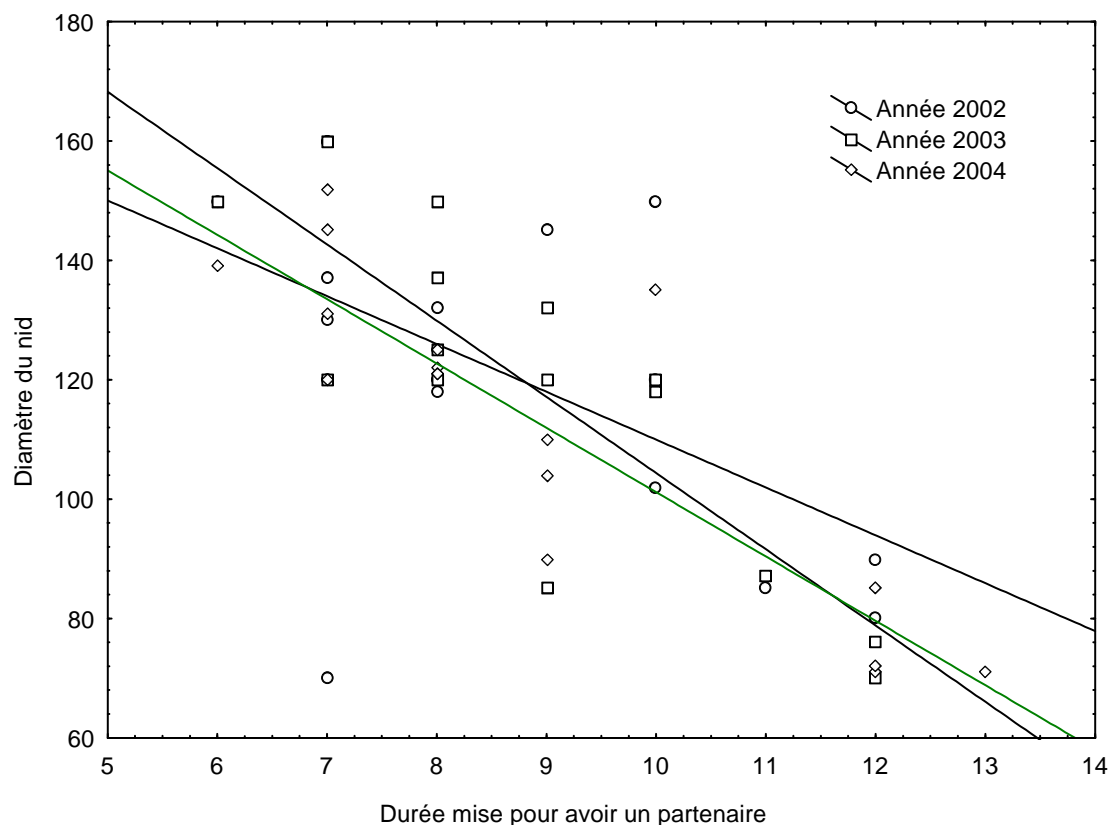
La corrélation entre le diamètre du nid et cette durée est négativement significative au cours des trois saisons de reproduction ( $R= - 0,50$ ,  $P= 0,02$ ,  $R= - 0,80$ ,  $P= 0,00025$ ,  $R= - 0,81$ ,  $P= 0,000076$ ) respectivement pour 2002, 2003 et 2004 (figure 19), ce qui suppose que les individus occupant les nids de meilleur volume arrivent à avoir un partenaire en un temps plus court que les autres. En fait, les premiers arrivés à

la colonie et occupant les nids de meilleure taille arrivent à avoir des partenaires en moins de temps.



**Figure 18.** Relation entre la date d'arrivée aux nids et la durée mise pour avoir un partenaire.





**Figure 19.** Relation entre le diamètre du nid et la durée mise pour avoir un partenaire.

#### 4.3.4. Construction des nids

L'apport de matériel au nid est assuré par les deux sexes mais avec un taux plus élevé assuré par les mâles et continue pendant toute la saison de reproduction, étant plus intense à partir de la formation des couples jusqu'à la ponte.

La taille des nids augmente d'une saison de reproduction à l'autre, on a noté des différences significatives entre le diamètre des nids entre 2002 et 2004 (Test de Wilcoxon,  $Z = 2,20$ ,  $P = 0,02$ ,  $N = 10$  nids).

Elle continue à augmenter du début de la saison de reproduction à la fin de celle-ci résultats observées pendant la saison de reproduction en 2004 (Test de Wilcoxon,  $Z = 2,36$ ,  $P = 0,017$ ,  $N = 18$  nids).

Les corrélations entre le taux d'augmentation de la taille des nids et la taille de ponte ainsi qu'avec le succès de reproduction en 2004 ne sont pas significatives ( $P > 0,05$ ) ce qui montre que ces paramètres de qualité individuelle ne semblent pas jouer un rôle dans un signal postnuptial « post mating signal ».

#### **4.3.5. Relation entre la taille du nid et les paramètres de reproduction**

Nous avons pu avoir lors des deux saisons de reproduction 2003 et 2004 que la taille du nid affectait la taille de ponte ( $R=0,67$ ,  $P= 0,002$ ,  $N= 18$ ) et  $R= 0,69$ ,  $P= 0,00015$ ,  $N= 24$ ) respectivement pour les deux années comme elle affectait le succès de reproduction en 2004 ( $R= 0,42$ ,  $P= 0,05$ ,  $N= 21$ ). Par contre le taux d'éclosion ne dépendait pas de la taille du nid, corrélation non significative ( $P> 0,05$ ) au cours des trois saisons de reproduction.

#### **4.4. Discussion**

##### **4.4.1. Occupation des nids, formation des couples, influence de la taille du nid sur l'élection de ce dernier et sur le succès de reproduction**

Dans le présent travail, on a trouvé que les nids de plus grande taille sont occupés en premier, les cigognes de retour aux nids plus tôt occupent les nids de plus grand volume que celles arrivés plus tard. En plus, on a assisté à un succès de reproduction et une taille de ponte plus élevées chez les individus occupant les nids les plus grands par rapport à ceux occupant les nids les plus petits. Nos résultats se concordent avec ceux de Tortosa et Redondo (1992), Bocheński et Jerzak (2006), Tryjanowski *et al.* (2009), Vergara *et al.* (2010) sur la Cigogne blanche.

Les préférences qu'ont manifesté les mâles pour les nids de plus grand volume nous confirme que de tels nids sont un facteur important dans les décisions des femelles du moment que le volume du nid défendu influe significativement sur la durée que les mâles mettent pour avoir une femelle. La taille du nid pourrait être un indicateur de la vigueur physique du mâle et pourrait être sélectionné par la femelle pour ses bénéfices directs.

Plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer les mécanismes évolutifs qui sont derrière les bénéfices dans l'efficacité biologique (the fitness benefits) issus des nids de grande taille chez plusieurs espèces d'oiseaux (Collias et Collias 1984, Fargallo *et al.* 2001, Soler *et al.* 2001).

L'une de ces hypothèses explique la relation observée entre la taille du nid et le succès de reproduction supposant que les nids de plus grande taille pourraient contenir plus de poussins que les nids plus petits. La Cigogne blanche est une espèce de grande taille dont les poussins pèsent entre 3-4 kg et ont une envergure d'environ 1,5 m (Cramp et Simmons 1977). Avant de quitter le nid les poussins doivent s'exercer pour l'envol et font des tentatives d'envol, dans un petit nid, les poussins ont de fortes chances de

tomber ce qui pourrait avoir des conséquences négatives pour les poussins et par conséquent sur le succès de la reproduction de leurs parents. Donc la taille du nid pourrait diminuer le succès de la reproduction dans cette espèce la cigogne blanche (Cramp et Simmons 1977).

Un autre mécanisme proposé pour expliquer la relation entre la taille du nid et le succès de reproduction chez les oiseaux c'est la sélection sexuelle.

Cependant, chez les espèces qui réutilisent les nids, ces derniers ne signalent pas nécessairement la qualité des constructeurs du moment que les nids sont déjà construits dans la plupart des cas. Chez la Cigogne blanche, la sélection sexuelle pourrait se manifester par des mécanismes différents comme la capacité de la défense du site de nidification contre les congénères, aussi, la compétition pour l'occupation des nids est intense en effet, les sites de nidification sont limités et les cigognes se trouvent en face d'un échec de la reproduction s'ils sont incapables de sécuriser un site de nidification, par conséquent un mâle capable d'acquérir et de défendre un grand nid pourrait signaler sa qualité et pourrait avoir une partenaire de haute qualité.

La conséquence d'une telle compétition pourrait entraîner une distribution despotique des individus dans la colonie avec les individus de meilleure qualité occupant les meilleurs sites de nidification (Serrano et Tella 2007).

Donc on suppose que l'obtention de bénéfices directs est probablement le principal facteur sélectif qui a agit sur l'évolution des mécanismes discriminatoires utilisés par les femelles de la cigogne blanche dans le choix des mâles dans nos colonies comme il a déjà été trouvé par plusieurs auteurs (Kirkpatrick et Ryan 1991, Tortosa 1992).

Le choix du nid est important du moment que ce dernier puisse conditionner le succès de reproduction de la femelle pour les motifs tels que le faible risque de prédation, le faible dérangement humain, la protection des aléas climatiques, la stabilité de la structure du nid, de bonnes conditions microclimatiques pour la thermorégulation des poussins (Collias et Collias 1984, Tortosa et Castro 2003 ; Vergara *et al.* 2010).

Des différences subtiles dans certains facteurs environnementaux telles que la pente et l'insolation pourraient aussi affecter le succès de reproduction entre les nids à l'intérieur des colonies de la Cigogne blanche (De Neve *et al.* 2006). Par conséquent, si le site d'un nid dans une colonie fait objet de certaines conditions particulières de

reproduction à une micro échelle, ceci pourrait indiquer la qualité de ce nid à l'intérieur de la colonie dans le cas de la Cigogne blanche. Les futurs travaux analysant les facteurs particuliers à une micro échelle par exemple la température (Tortosa et Villafuerte 1999, Tortosa et Castro 2003) du fait de l'importance de cette température dans la mortalité élevée au cours des premières semaines d'âge due à la thermorégulation, pourraient aider à comprendre le lien entre la taille du nid et le succès de reproduction dans les colonies de la Cigogne blanche

#### **4.4.2. Construction des nids au cours de la phase de reproduction**

Les individus de la Cigogne blanche apportent du matériel au nid durant toute la saison de reproduction autant par les mâles que par les femelles (Schulz 1998) mais de meilleurs connaissances dans ce comportement restent à atteindre en effet, de rares études sur le sujet sont établies (Tortosa 1992, Vergara *et al.* 2010).

Le comportement de la construction des nids chez la Cigogne blanche pourrait avoir plusieurs fonctions. Des études antérieures chez d'autres espèces ont montré que les individus ajustent leurs efforts dans le sens d'un comportement post-nuptial (Moreno *et al.* 1994, Soler *et al.* 1998 a, 1998b, De Neve et Soler 2002, De Neve *et al.* 2004, Martínez-De la Puente *et al.* 2009). La continuité dans la construction du nid durant toute la période de reproduction pourrait être un signal post-nuptial. Cependant les paramètres de qualité individuelle comme la taille de ponte ou la productivité n'étaient pas corrélés à l'augmentation de la taille du nid.

Par conséquent, Les femelles n'avaient pas fait des pontes de plus grande taille en réponse à des mâles qui sont actifs dans la construction des nids donc l'augmentation de la taille du nid semble être matière de continuité dans la reproduction.

Nous pensons donc dans notre cas que la continuité dans le comportement de construction des nids tout le long de la saison de la reproduction même après l'envol des jeunes serait appuyée par les deux hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 : La maintenance des nids, les nids de la cigogne sont des constructions solides mais ouvertes et complètement exposées à la dégradation par la pluie, le vent ou la neige. En tenant en compte que les nids sont réutilisés pour plusieurs années, la nécessité de réparer les nids est claire, en plus l'activité des adultes et des poussins le détériorent même au cours d'une unique saison de reproduction (obs. pers.), par

conséquent la continuité de ramener du nouveau matériel au nid tout le long de la période de reproduction contrebalance la dégradation du nid.

Hypothèse 2 : la haute fidélité aux sites de nidification chez la Cigogne blanche (Barbraud *et al.* 1999) qui survient spécialement après des tentations de reproduction réussies (Vergara *et al.* 2006), pourrait expliquer pourquoi les adultes continuent leur comportement de construction même après l’envol des jeunes.

## ***Chapitre 5***

***Effet de la disponibilité alimentaire sur la ponte,  
le poids des poussins à l'éclosion et leur survie***

### 5.1. Introduction

Lack (1947, 1954) a suggéré que la taille de ponte chez les oiseaux nidicoles est limitée par l'abondance de la nourriture. Depuis lors, ce trait important de l'évolution des stratégies démographiques a fait l'objet de beaucoup d'études chez les oiseaux et plusieurs forces sélectives ont été suggérées pour son évolution chez ce groupe faunistique, tels que la prédation, les compromis intra et inter générations, le climat et la compétition (Godfray *et al.* 1991, Roff 1992 ; Stearns 1992 ; Martin 1995, Ferretti *et al.* 2005).

Les études sur l'apport expérimental de nourriture ont été utilisées pour tester l'effet de la disponibilité alimentaire dans la limitation de la taille de ponte. Dans ces études expérimentales, la nourriture a été procuré aux parents, chez plusieurs espèces d'oiseaux, principalement en fournissant des suppléments de nourriture dans les territoires pendant les différentes périodes du cycle de la reproduction, ce qui a fait montré par exemple que les oiseaux répondent par un avancement dans la date de ponte (Källander 1974, Svensson et Nilsson 1995 ; Aparicio et Bonal 2002, Djerdali *et al.* 2008b).

Cependant, il a été plus difficile de démontrer un accroissement dans la taille de ponte pour plusieurs de ces espèces, aussi une augmentation dans la masse des œufs a été observée chez presque peu d'espèces. (Arcese et Smith 1988; Boutin 1989, Meijer *et al.* 1990). Dans certaines études expérimentales aucun effet de l'alimentation supplémentaire n'a été constaté sur la date de ponte ou sur la taille de celle-ci, comme chez le hibou moyen-duc *Otus asio* (Gehlbach et Roberts 1997) ni sur le volume des œufs chez certaines espèces telle que la mouette tridactyle *Rissa tridactyla* (Gill *et al.* 2002).

D'un autre côté, dans d'autres études, il a été démontré que la qualité nutritionnelle du régime alimentaire à la période précédant la reproduction, pourrait influencer simultanément la date de ponte, la taille de ponte et le volume des œufs et également la composition de ces derniers chez le Geai à gorge blanche *Aphelocoma coerulescens* (Reynolds *et al.* 2003).

Une des raisons pour lesquelles certaines études sur l'apport expérimental de nourriture ont eu des difficultés à démontrer des effets de cette dernière sur la date de ponte et/ou la taille de ponte, pourrait être parce que les conditions environnementales ont eu plus d'effet que la stimulation par la nourriture

supplémentaire en soit, ceci a été démontré dans une récente étude sur la cama brune *Chamaea fasciata* qui n'a trouvé aucun effet de la nourriture supplémentaire sur la date de ponte (Preston et Rotenberry 2006).

Ces auteurs ont postulé que les oiseaux réagissaient plus aux signaux environnementaux qui prédisaient une disponibilité alimentaire à la période de nourrissage de leurs jeunes. Chez la Cigogne blanche, des études antérieures ont démontré que, se reproduire près des décharges d'ordures ménagères, dans lesquelles les cigognes se ravitaillent régulièrement, a conduit à un avancement dans la date de ponte et à une augmentation de la taille de ponte au cours d'une des deux années d'étude (Tortosa *et al.* 2003).

L'incubation chez les oiseaux implique un coût énergétique pour les parents (Williams 1996, Thomson *et al.* 1998, Reid *et al.* 2000). La période d'incubation occasionne des dépenses énergétiques considérables pour les parents, ce qui conduit à un conflit entre les activités de la self maintenance ou auto maintenance et la procuration de la chaleur à l'embryon pour le développement (Cartar et Montgomerie 1985, Haftorn 1988) chez plusieurs espèces d'oiseaux nidicoles. Par conséquent, l'éclosion pourrait être contrainte par la disponibilité alimentaire ; cependant très peu d'études ont souligné l'effet de l'alimentation supplémentaire sur le succès d'éclosion (Gill *et al.* 2002, Gorman et Nager 2003).

Les coûts énergétiques de l'incubation pourraient aussi dépendre des conditions environnementales, tels que le climat, l'approvisionnement en nourriture ou de la combinaison de ces deux facteurs (Wiebe et Martin 2000). Par ailleurs, l'incubation est une activité incompatible avec la quête de nourriture.

La taille de l'oeuf (volume) est un caractère qui a été largement étudié mais les causes et conséquences de sa variation restent encore mal comprises. Les oiseaux supplémentés pourraient investir dans des couvées de plus grand volume et de meilleure qualité. Les œufs de plus grand volume ont probablement plus de chance d'éclore et se refroidissent lentement quand les adultes quittent le nid (Mackintosh et Briskie 2005).

Des études détaillées sur la variation de la taille des oeufs sont très rares chez les Ciconiiformes (Christians 2002, Ashkenazi et Yom-Tov 1997 ; Profus *et al.* 2004). La taille des œufs varie avec l'ordre de ponte chez beaucoup d'espèces d'oiseaux (Parsons 1976, Aparicio 1999, Amat *et al.* 2001 ; Rafferty *et al.* 2005). Cette variation



dans la taille des œufs à l'intérieur de la nichée a toujours été interprétée dans le contexte de l'éclosion asynchrone.

L'augmentation du volume des oeufs en conséquence à la nourriture supplémentaire engendre l'amélioration du taux d'éclosion des œufs, l'augmentation de la masse à l'éclosion, l'amélioration de la croissance durant les premiers stades de développement et la survie des poussins (Williams 1994, Christians 2002 ; Grindstaff *et al.* 2005). Malgré le grand nombre d'études sur la variation de la taille des œufs, ce sujet reste encore équivoque (Christians 2002, Kontiainen *et al.* 2008).

Par conséquent, les écologistes se sont récemment intéressés à la composition de l'œuf comme une mesure de qualité du moment que le transfert de certains composants aux poussins via les œufs peut améliorer le développement des premiers stades et la survie de la progéniture (Mousseau et Fox 1998, Karell *et al.* 2008). La taille de l'oeuf est un caractère de l'histoire de vie particulièrement important qui reflète l'influence maternelle sur le phénotype des poussins. Les femelles peuvent varier l'investissement dans la taille de leurs oeufs en relation avec les facteurs de l'environnement, leurs propres conditions de reproduction et la qualité de leurs partenaires.

Le but de ce travail était de rechercher les effets de l'alimentation supplémentaire et l'effet des conditions climatiques (pluviométrie) sur la taille de ponte, la date de ponte et le succès d'éclosion. L'alimentation supplémentaire pour les colonies de la Cigogne blanche était disponible par les fermes d'élevage de poulets situées à proximité des colonies ; cependant, le statut de ces fermes variait à travers les trois années d'étude (par exemple, les fermes n'étaient pas actives durant toutes les années, voir méthodes), d'autre part, il y avait une variation inter- annuelle importante dans les précipitations au niveau de la région d'étude. La variation intra- spécifique de la taille de ponte et la date de celle-ci est un phénomène commun chez cette espèce et chez d'autres (Korpimäki et Wiehn 1998, Nager *et al.* 1997, Tortosa *et al.* 2003, Massemin-Challet *et al.* 2006, Lahlah 2006), ce qui pourrait nous permettre de prévoir une réponse positive sur la taille de ponte (au cours des années où il y avait nourriture supplémentaire) et une réponse négative sur la date de ponte (au cours des années de manque d'apport de nourriture supplémentaire). Nous avons aussi testé l'effet de cette nourriture supplémentaire sur le volume des œufs et sur la variation de la taille de ces derniers à l'intérieur de la nichée et l'impact de ce facteur et son interaction avec l'ordre d'éclosion sur la survie des poussins.

## 5.2. Matériel et méthodes

L'étude a été menée au niveau de trois colonies de reproduction dans la région de Ain Azel (35°49' N, 05°31' E ; 900 mètres d'altitude), La ferme Lagouarda (colonie 1), la ferme Lasgaâ (colonie 2) et la ferme Rimit (colonie 3), se trouvant sur le territoire de Ain zel. Cette région appartenant à l'étage bioclimatique semi aride avec une période sèche qui dure de la mi Mai au début Octobre (CMS). Les trois années d'étude (2002- 2003 et 2004) ont montré une variation très marquée dans les précipitations, avec 2002 année la plus sèche et 2004 la plus pluvieuse.

La pluviométrie au cours des trois années d'étude a été de 186 mm en 2002, 339 mm en 2003 et 430 mm en 2004. Les paramètres de reproduction sont enregistrés dans (40-51) nids pour chacune des trois années. Les colonies de la Cigogne blanche étaient situées près des fermes d'élevage de poulet ce qui nous a permis de les considérer faisant objet d'une expérience naturelle où les parents de la Cigogne blanche avaient accès facile à une alimentation supplémentaire à partir de ces fermes.

Les distances entre les colonies de reproduction se rangent entre 7 et 12 km, mais chaque colonie était située à moins de 200 m de la décharge de la ferme d'élevage de poulet où les Cigognes sont observées se nourrir et retourner ensuite à leurs nids. Dans ces colonies de reproduction de la Cigogne blanche, les restes de carcasse et viscères de poulet sont observés dans les nids dans presque les 70% des fois où un nid est visité. Ces décharges des fermes d'élevage servaient à procurer de la nourriture supplémentaire aux oiseaux qui nichaient dans les colonies à proximité.

En effet, le déplacement des adultes de la Cigogne blanche depuis leurs nids aux décharges pour se nourrir est un comportement déjà observé au cours de la période de reproduction (Tortosa 1992).

Dans notre travail, durant deux années et dans deux différentes colonies, les fermes d'élevage de poulet étaient soit fermées comme pour la colonie 1 en 2004 (27 nids) ou opérationnelle tard au cours de la saison de reproduction comme pour la colonie 3 en 2002 (11 nids). En effet, en 2002 cette ferme n'a ouvert que la fin Avril, après que la plupart des couples dans cette colonie ont fini leur ponte.

Comme la date moyenne de ponte dans cette colonie était au début du mois d'Avril (4 Avril correspondant au jour de l'année  $94 \pm 6.84$ ), donc les nids de la colonie 3 étaient considérés comme n'ayant pas bénéficié d'une nourriture

supplémentaire (en ce qui se rapporte aux effets sur la taille de ponte et la date de celle-ci) en 2002.

Les nids n'ayant pas bénéficié de cette nourriture supplémentaire au cours de 2002 et 2004 ont fait l'objet de nids témoins dans les analyses concernant les différents paramètres de la reproduction, le poids des poussins à l'éclosion et la survie de ces derniers.

Les colonies sont entourées par des terrains agricoles où les céréales dominent. Les nids sont localisés sur des arbres dans toutes les colonies et durant les trois années d'étude. Ils sont numérotés et étiquetés par des étiquettes en plastique attachées aux nids et marquées à l'aide d'un marqueur indélébile, de même ce numéro est marqué sur l'arbre.

Les visites aux nids se sont effectuées tous les deux à trois jours depuis le début de la ponte jusqu'à la fin de cette dernière. On a procédé de la sorte pour suivre l'ordre de ponte et si après la ponte l'incubation a commencé, ceci dans chaque nid visité. L'ordre de ponte a été suivi pendant les trois saisons de reproduction 2002, 2003 et 2004. Chaque œuf est numéroté par un stylo indélébile, mesuré par un pied à coulisse (longueur, diamètre) avec une précision de 0.01mm.

Pour éviter les effets non souhaités du marquage des œufs et suivant les suggestions de Frederick et Collopy (1989), ce dernier est réalisé avec de petites marques au stylo indélébile aux extrémités des œufs à fin de ne pas provoquer des changements dans le comportement des parents en ce qui concerne le retournement des œufs au cours de l'incubation pour ne pas affecter la viabilité des embryons. Dans son étude, Tortosa (1992) sur l'effet de la manipulation dans les nichées de la Cigogne blanche les résultats ont montré l'absence de différences dans la taille de ponte, le succès d'éclosion entre les nichées manipulées et celles non manipulées ce qui suggère que les dérangements causées par la présence du manipulateur ont été bien tolérés. Généralement toutes les cigognes adultes retournent au nid dans un temps inférieur à 5 mn, après qu'on s'éloigne de ce dernier. Sans doute l'habitude à la présence humaine pourrait conditionner cette réponse qui éviterait une quelconque prédation au nid ou le refroidissement des œufs.

Après que l'incubation avait commencé, à la fin de la ponte, les nids n'étaient plus visités jusqu'à la date supposée d'éclosion, qui est d'un mois après le commencement de l'incubation.

Une fois l'éclosion a commencé, les nids étaient visités avec un intervalle de 1 à 3 jours suivant l'état des œufs (œufs picorés ou non) pour suivre le succès de l'éclosion et la taille de la nichée. Le poids des poussins à l'éclosion et la dynamique de croissance des poussins a été suivie dans les mêmes colonies. Le poids des poussins est mesuré à l'éclosion avec une balance électronique de précision (Kern) avec une précision de 0,01g.

Comme, la prédation des œufs chez la Cigogne blanche est un événement rare (Tortosa 1992) et n'a pas été observé dans la présente étude, le succès d'éclosion a été calculé en fonction des œufs qui ont échoué à l'éclosion par ponte et est exprimé par : **Taux d'éclosion = nombre total des œufs éclos/ le nombre total des œufs incubés \* 100**

### 5.2.1. Statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant SAS (statistical package, SAS Inc. 9, 2003) pour les analyses de la covariance (ANCOVA) et STATISTICA pour Windows version 6.0 pour le reste des analyses. Le succès de l'éclosion n'était pas une variable à distribution normale donc on a utilisé les statistiques non paramétriques pour les analyses des effets de la nourriture supplémentaire sur ce paramètre.

Les différences entre les deux groupes d'oiseaux supplémentés et témoins ont été analysées par le test U de Mann-Whitney.

Pour la survie, on a utilisé une variable binomiale pour codifier les nids avec succès à la reproduction (où au moins un poussin est arrivé à l'envol) ou avec échec où (aucun poussin n'est arrivé à l'envol).

Le seul nid de 6 œufs en 2003 et celui de 2004 ont été enlevés des analyses. Le volume des œufs est estimé à partir des mesures de la longueur et du diamètre. Les mesures sont prises durant les trois saisons de reproduction 2002, 2003 et 2004. Le calcul du volume des œufs est estimé à partir de la méthode proposée par Väisänen (1969) in Bogucki et Özgo (1999 b) qui est la suivante :

$$EV = a + b D^2 L$$

EV= Volume estimé

D : diamètre de l'œuf

L : Longueur de l'œuf

a et b sont des coefficients spécifiques de l'espèce et peuvent être calculés à partir des mensurations des œufs.

Ces coefficients ont été calculés par Bogucki et Özgo (1999 b) à partir d'une régression linéaire avec un coefficient de corrélation de 0.99901 et un indice de fiabilité  $< 0.001$ .

Les coefficients a et b spécifiques à la cigogne sont respectivement de 1.1203 et 0.4820.

La formule est donc :  **$EV = 1.1203 + 0.4820D^2L$**

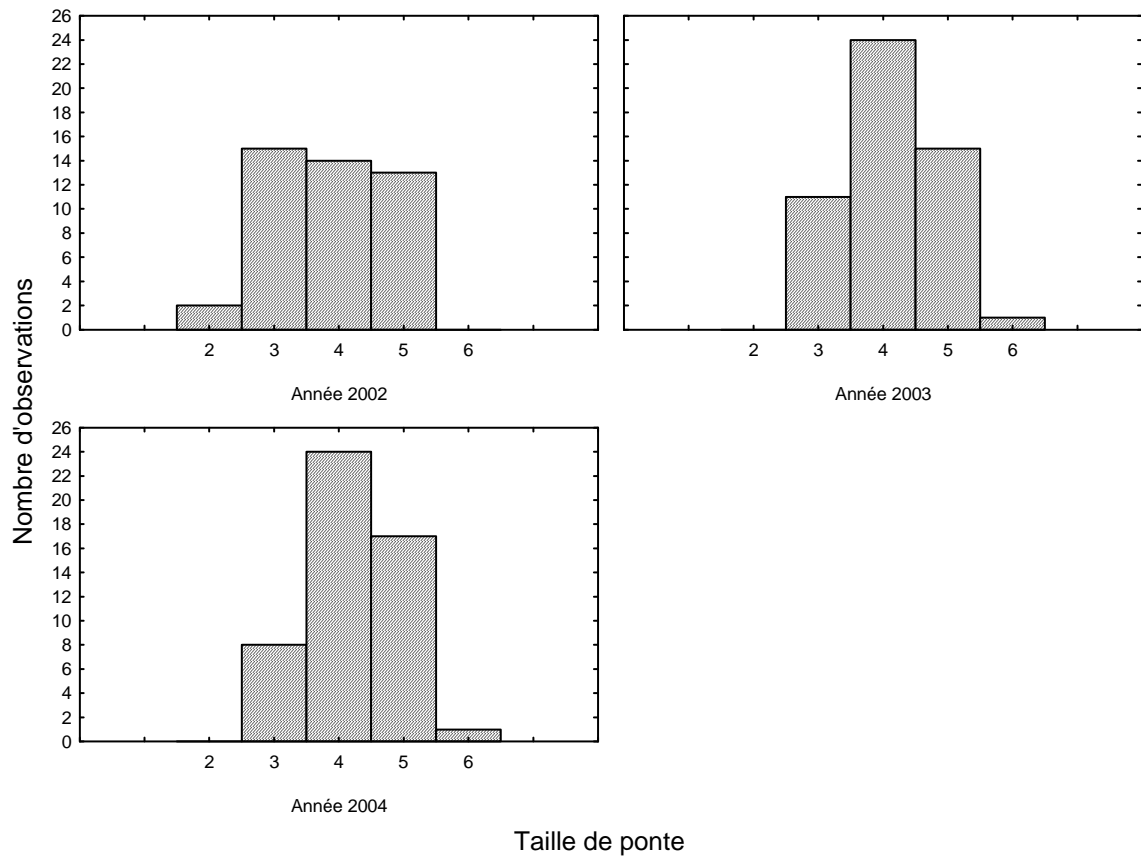
Pour tester l'effet de la nourriture supplémentaire sur le poids des poussins à l'éclosion on a procédé par une analyse de la covariance multiple où la masse des poussins à l'éclosion est entrée dans le modèle comme variable dépendante, l'année, la nourriture supplémentaire et l'ordre d'éclosion sont entrés comme facteurs indépendants, le volume des œufs comme covariable, pour éviter la pseudo-réplication (hurlbert 1984), le nid est entré comme facteur aléatoire.

La taille des échantillons variait selon les modèles (voir résultats). En effet, on n'était pas dans la mesure de prendre toutes les variables dans l'ensemble des nids.

### **5.3. Résultats**

#### **5.3.1. Dates et taille de ponte**

En 2002, la date moyenne de ponte était le 28 Mars et s'est étalée entre le 17 Mars et le 20 Avril, en 2003, elle était le 26 Mars commençant le 11 Mars et se terminant le 14 Avril et en 2004, la date moyenne de ponte du premier œuf était le 30 Mars se prolongeant du 10 Mars au 5 Mai date de dernière ponte, donc durant les trois années, la période de ponte a commencé entre le 26 et le 30 Mars. Le nombre d'œufs par ponte oscillait entre 2 et 6 avec un modèle de taille de ponte 4 pour les trois saisons de reproduction et dans les trois colonies (figure 20)



**Figure 20.** Distribution de chaque taille de pont dans les trois colonies étudiées durant les années 2002, 2003 et 2004.

### 5.3.2. Caractéristiques physiques des œufs

#### 5.3.2.1. Dimensions et volume

En moyenne la longueur des oeufs oscille entre 72,15 et 72,61 mm alors que le diamètre varie entre 51,82 et 52,4 mm au cours des trois années. La moyenne des dimensions des œufs est de  $72,45 \times 51,95$  mm. Les valeurs maximales sont  $83,3 \times 59,1$  mm et les minimales sont de  $63,4 \times 47,9$  mm. Le volume calculé à partir de la formule de Bogucki et Özgo (1999) est en moyenne de  $95,54 \pm 7,71$  cm<sup>3</sup>, le maximum est de 126,37 cm<sup>3</sup> et le minimum est de 75,07 cm<sup>3</sup> (tableau 13).

**Tableau 13.** Dimensions (mm) et Volume (cm<sup>3</sup>) des œufs mesurés (N= 384).

Année	Longueur (mm)			Diamètre (mm)				Volume (cm <sup>3</sup> )		
	Max	Min	Moyenne ± DS	Max	Min	Moyenne ± DS		Max	Min	Moyenne ± DS
2002 (n=89)	79	64,4	72,15±2,52	57,1	47,9	52,4±1,93		119,45	78,64	96,85±8,79
2003 (n=118)	80	63,4	72,44±2,84	59,1	49,2	51,82±1,49		126,37	77,21	95,05±7,54
2004 (n=171)	83,3	65,5	72,61±2,73	54,8	47,9	51,81±1,48		112,11	75,07	95,2±6,96
2002- 2004 (n=378)	83,3	63,4	72,45±2,72	59,1	47,9	51,95±1,61		126,37	75,07	

### 5.3.3. Taille de ponte, date de ponte et disponibilité alimentaire

Pour déterminer si la nourriture supplémentaire a affecté la taille de ponte, on a utilisé une analyse de la covariance (ANCOVA) à trois facteurs, dans cette analyse, nourriture supplémentaire, colonie et année ont été entrées dans le modèle en tant que variables indépendantes et la date de ponte comme covariable. Cette analyse a montré qu'il y avait un effet significatif des deux paramètres, nourriture supplémentaire et année sur la taille de ponte, mais il n'y avait aucune différence dans la taille de ponte entre les trois colonies ( $p = 0.39$ ), (tableau 14).

La taille moyenne de ponte dans les nids suivis variait entre 3.2 à 4.8 œufs et était significativement plus importante dans les nids qui ont bénéficié d'une alimentation supplémentaire ( $4.21 \pm 0.79$ ,  $N = 107$ ) comparés aux nids sans nourriture supplémentaire ( $3.68 \pm 0.74$ ,  $N = 38$ ). La taille de ponte était la plus faible en 2002, moyenne en 2003 et la plus élevée en 2004 (tableau 15), La taille de ponte en 2004 était significativement plus élevée que les deux années 2003 (Test post hoc de Tukey,  $P = 0.018$ ) et 2002 ( $P = 0.0013$ ) mais il n'y avait pas de différence dans la taille de ponte entre les années 2002 et 2003 ( $P = 0.484$ ).

Dans le modèle issu de l'analyse de covariance (tableau 14), la date de ponte a montré l'effet le plus marqué sur la taille de ponte, en effet, la taille de ponte diminue

significativement à mesure que la saison progresse ( $F_{1,143} = 15.49$ ,  $P = 0.0001$ ) dans les colonies et les années où la nourriture supplémentaire manquait. Cependant, aucune interaction entre nourriture supplémentaire et année n'a été observée ( $F_{1,143} = 0.16$ ,  $P = 0.69$ ). Autre fait observé, les colonies avec accès à la nourriture supplémentaire ont débuté leur ponte plus tôt que dans les colonies sans nourriture supplémentaire au cours des deux années 2002 et 2004 (tableau 15).

**Tableau 14.** Analyse de la covariance (ANCOVA): Effets des facteurs indépendants sur la taille de ponte: Colonie, nourriture supplémentaire et année sont les variables indépendantes (facteurs) et la date de ponte est une covariable.

Source	DI	valeur de F	P
Colonie	2	0.93	0.3959
Nourriture supplémentaire	1	4.97	0.0275
Année	2	5.31	0.0060
Nourriture supplémentaire* Année	1	0.16	0.6938
Colonie*Année	3	0.19	0.9060
Date de ponte	1	15.49	0.0001



**Tableau 15.** Taille de ponte, date de ponte et succès d'éclosion de la Cigogne blanche nichant dans trois colonies différentes. Pour 1 date de ponte, le premier jour = 1<sup>er</sup> Janvier. \* La colonie 3 en 2002 et la colonie 1 en 2004 n'avaient pas de nourriture supplémentaire.

Année		2002		2003		2004	
Paramètres de reproduction	Colonie	Moyenne $\pm$ DS (N)	Test Stat.	Moyenne $\pm$ DS (N)	Test Stat	Moyenne $\pm$ DS (N)	Test Stat
Taille de ponte	1	4,04 $\pm$ 0,84 (22)	F <sub>(2,41)</sub> =5,1 P=0,01	4,17 $\pm$ 0,91 (24)	F <sub>(2,48)</sub> =0,5 P=0,6	* 3,88 $\pm$ 0,58 (27)	F <sub>(2,47)</sub> =9,1 P=0,0004
	2	4,18 $\pm$ 0,75 (11)		4,19 $\pm$ 0,65 (16)		4,78 $\pm$ 0,58 (14)	
	3	* 3,18 $\pm$ 0,87 (11)		3,9 $\pm$ 0,54 (11)		4,33 $\pm$ 0,86 (9)	
Date de ponte	1	85,09 $\pm$ 7,08 (22)	F <sub>(2,41)</sub> =7,8 P=0,001	85,37 $\pm$ 8,46 (24)	F <sub>(2,49)</sub> =2,1 P=0,15	*97,22 $\pm$ 16,22 (27)	F <sub>(2,47)</sub> =9,1 P=0,0005
	2	87,36 $\pm$ 4, (11)		85,35 $\pm$ 6,82 (17)		80,28 $\pm$ 7,27 (14)	
	3	*94,54 $\pm$ 6,84 (11)		90,9 $\pm$ 9,25 (11)		84 $\pm$ 6,67 (9)	
Succès d'éclosion (%)	1	75,38 $\pm$ 28,43 (21)	$\chi^2$ =0,65 df=2,37 P=0,72	82,23 $\pm$ 24,75 (23)	$\chi^2$ =0,81 df=2,47 P=0,66	*73,75 $\pm$ 20,56 (27)	$\chi^2$ =10,05 dl=2,47 P=0,0066
	2	75,16 $\pm$ 26,81 (10)		77,49 $\pm$ 27,27 (16)		87,61 $\pm$ 21,51 (14)	
	3	*73,5 $\pm$ 22,87 (9)		78,48 $\pm$ 24,5 (11)		77,03 $\pm$ 30,21 (9)	

#### **5.3.4. Effet de la disponibilité alimentaire sur le succès d'éclosion**

Aucune prédation sur les oeufs n'a été observée dans cette étude. Il n'y avait pas de différences du succès d'éclosion entre les nids avec différentes taille de ponte ni en 2002 (Kruskal-Wallis,  $\chi^2 = 3.01$ ,  $df = 3.36$ ,  $P = 0.39$ ), ni en 2003 (Kruskal-Wallis,  $\chi^2 = 0.45$ ,  $df = 2.46$ ,  $P = 0.79$ ), ni en 2004 (Kruskal-Wallis,  $\chi^2 = 4.73$ ,  $df = 2.46$ ,  $P = 0.09$ ).

Pour tester l'effet de la nourriture supplémentaire sur le succès de l'éclosion on a comparé ce dernier entre les nids dans les colonies avec et sans supplément alimentaire. Du moment qu'aucune différence dans le succès d'éclosion n'a été trouvée entre les années dans les colonies avec nourriture supplémentaire (Kruskal-Wallis,  $\chi^2 = 2.06$ ,  $df = 2.10$ ,  $P = 0.35$ ), les données des trois années d'études ont été groupées. La même chose pour les données des colonies sans nourriture supplémentaire qui n'ont présenté aucune différence entre les années (Mann-Whitney U test,  $Z = 0.16$ ,  $P = 0.87$ ), elles ont aussi été groupées.

La disponibilité alimentaire avait réellement un effet significatif sur le succès d'éclosion, en effet, les pontes issues des colonies de la Cigogne blanche bénéficiant de nourriture supplémentaire avaient un succès d'éclosion élevé ( $79.3 \% \pm 25$ ,  $n = 104$ ) par rapport aux pontes dans les colonies sans nourriture supplémentaire ( $73.6 \% \pm 20$ ,  $n = 36$ , Mann-Whitney U test,  $Z = 1.95$ ,  $P = 0.05$ ). Au niveau des pontes sans nourriture supplémentaire, aucun effet de la saison sur le succès d'éclosion n'a été détecté ni en 2002 ( $r = 0.03$ ,  $N = 9$ ,  $P = 0.63$ ), ni en 2004 ( $r = 0.18$ ,  $N = 27$ ,  $P = 0.8$ ). En combinant tous les nids avec nourriture supplémentaire, il n'y avait aucun effet saison sur le succès d'éclosion au cours des trois années (corrélation de Spearman  $P > 0.11$  dans tous les cas).

#### **5.3.5. Patron de variation du volume des œufs à l'intérieur des couvées et effet de la disponibilité alimentaire.**

Pour voir l'effet de l'ordre de ponte sur le volume des œufs et arriver à un patron typique de variation du volume des œufs à l'intérieur des couvées (intraclutch size variation) on a procédé par une analyse de la covariance (ANCOVA) multiple où le volume des oeufs est entré dans le modèle comme facteur dépendant, l'ordre de ponte, la nourriture supplémentaire et l'année comme facteurs catégoriels (facteurs) et la taille de ponte (clutch size), date de ponte (laying date) comme prédictors continus

(covariables). Pour éviter la pseudoréplication (Hurlbert 1984) on a utilisé le facteur nid comme facteur aléatoire (random factor) dans l'analyse.

Le patron de variation du volume des oeufs à l'intérieur des couvées (intraclutch egg size variation) dans la population de la Cigogne blanche étudiée est affecté significativement par l'ordre de ponte ( $F_{4,284} = 204,68$ ,  $P < 0,0001$ ) (tableau 16). Le 1<sup>er</sup> œuf dans la séquence est plus petit de taille que le deuxième qui est le plus gros de la couvée (figure 21).

La taille des oeufs subséquents diminue graduellement avec l'ordre de ponte, finalement la taille diminue abruptement au dernier œuf qui est souvent le plus petit de la couvée. Les différences dans le volume sont significatives entre les œufs pondus en 2<sup>ème</sup> et ceux pondus en 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> position test post hoc  $< 0,05$ .

Le volume moyen des œufs varie avec l'ordre de ponte allant de  $90,73 \pm 2,13 \text{ cm}^3$  pour les œufs pondus en 5<sup>ème</sup> position à  $96,98 \pm 0,86 \text{ cm}^3$  pour les œufs pondus en 2<sup>ème</sup> position (tableau 17).

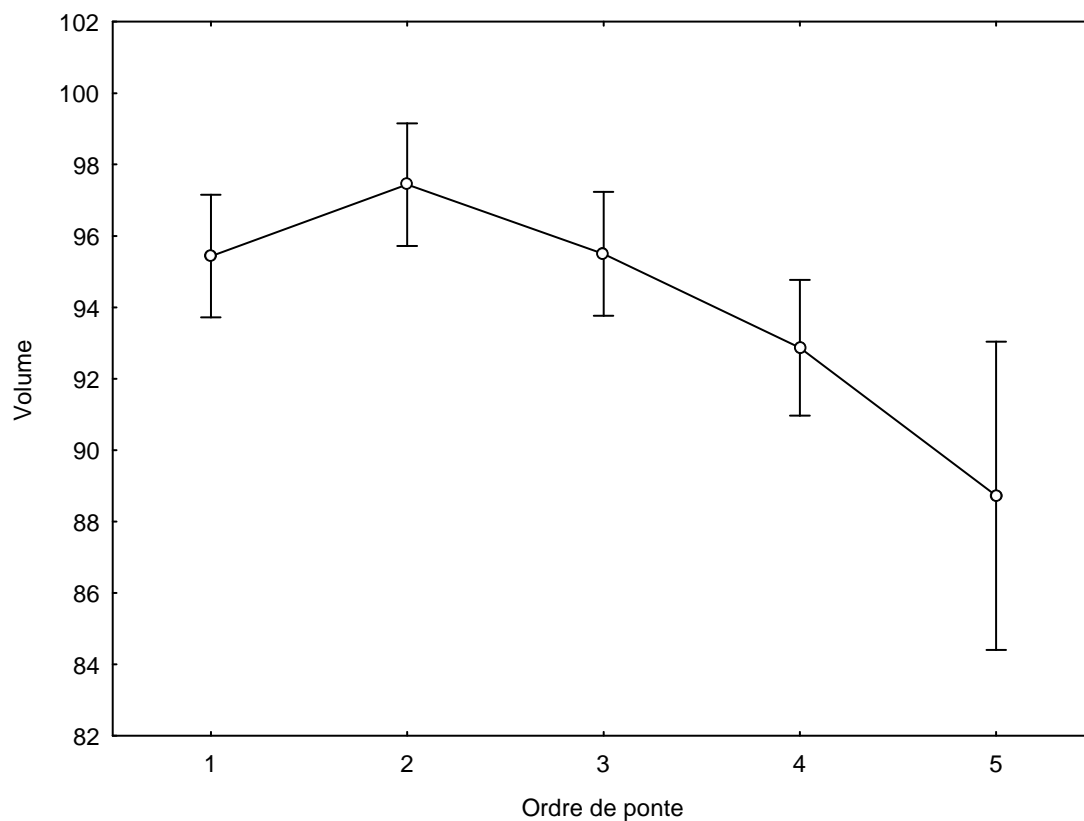
La même variation du volume moyen des œufs dans la séquence de ponte est maintenue en présence de nourriture supplémentaire ainsi qu'en absence de cette dernière.

La nourriture supplémentaire a un effet marginalement significatif mais qui a engendré des différences dans la taille des œufs provenant des couples de cigognes avec nourriture supplémentaire et des œufs provenant des couples témoins. La taille de ponte n'a pas d'effet sur le volume des œufs donc la Cigogne blanche ne fait pas de compromis entre la taille de ponte et le volume des œufs.

Par contre, nous avons assisté à un phénomène très intéressant concernant l'interaction entre l'ordre de ponte et la nourriture supplémentaire qui était significative ( $F_{4,284} = 4,08$ ,  $P = 0,003$ ), qui s'explique par une augmentation du volume de l'œuf pondu en 4<sup>ème</sup> position (Test post hoc,  $P = 0,06$ ) marginalement significatif et de celui de l'œuf pondu en 5<sup>ème</sup> position (Test post hoc,  $P = 0,03$ ) chez les couples de cigogne qui étaient soumis à ce supplément alimentaire par rapport à ceux qui n'en bénéficiaient pas (tableau 16), (figure 22).

**Tableau 16.** Analyse de la covariance (ANCOVA) : Effets des facteurs indépendants sur le volume des oeufs. Ordre de ponte, nourriture supplémentaire et Année, sont les variables indépendantes (facteurs) et la taille de ponte et la date de ponte sont des covariables.

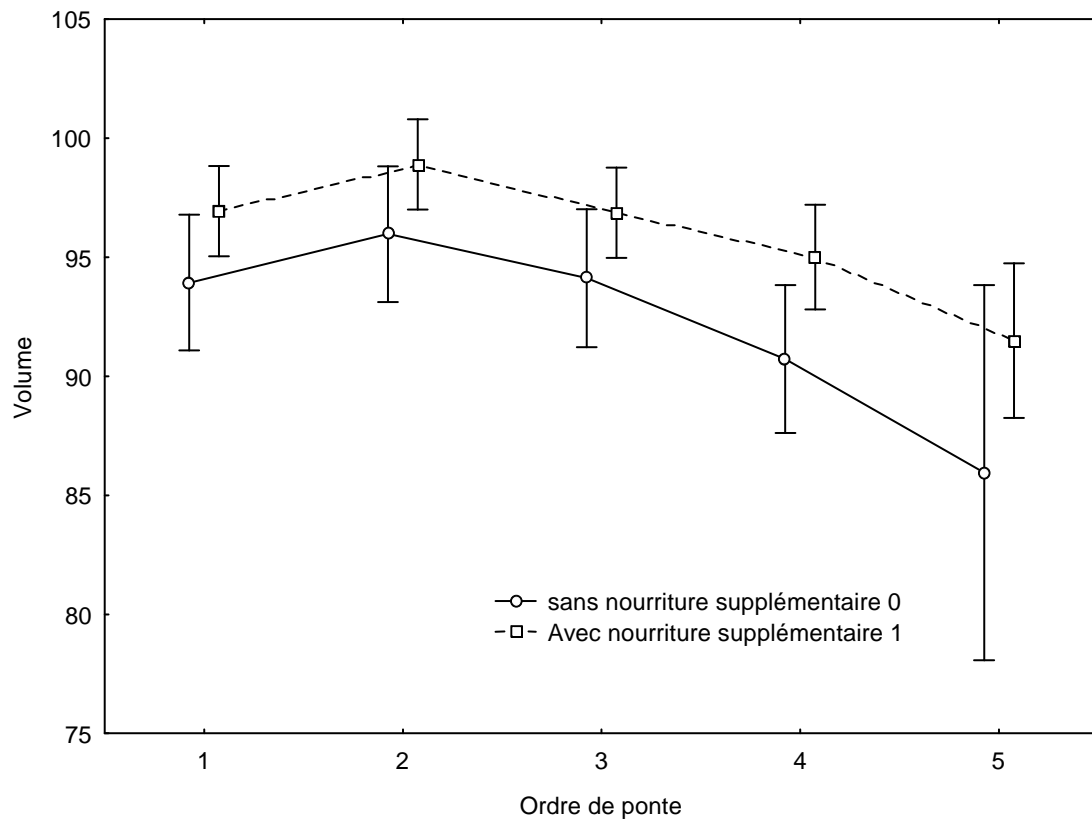
Source	Dl	Valeur de F	P
Ordre de ponte	4	204,68	<0,0001
Nourriture supplémentaire	1	2,92	0,09
Taille de ponte	3	1,79	0,158
Année	2	0,19	0,824
Date de ponte	1	0,01	0,908
Ordre de ponte*nourriture supplémentaire	4	4,08	0,0031



**Figure 21.** Variation du volume des œufs (Moyenne  $\pm$  DS) en fonction de l'ordre de ponte au cours des trois saisons de reproduction 2002- 2003 et 2004 dans les trois colonies (toutes les pontes sont incluses).

**Tableau 17.** Volume des oeufs (moyenne  $\pm$  Erreur standard) par ordre de ponte.

Ordre de ponte	Volume (cm <sup>3</sup> )	(N)
	Moyenne $\pm$ Erreur standard	
1	94,98 $\pm$ 0,86	74
2	96,98 $\pm$ 0,86	74
3	95,16 $\pm$ 0,87	73
4	93,17 $\pm$ 0,96	58
5	90,73 $\pm$ 2,13	22

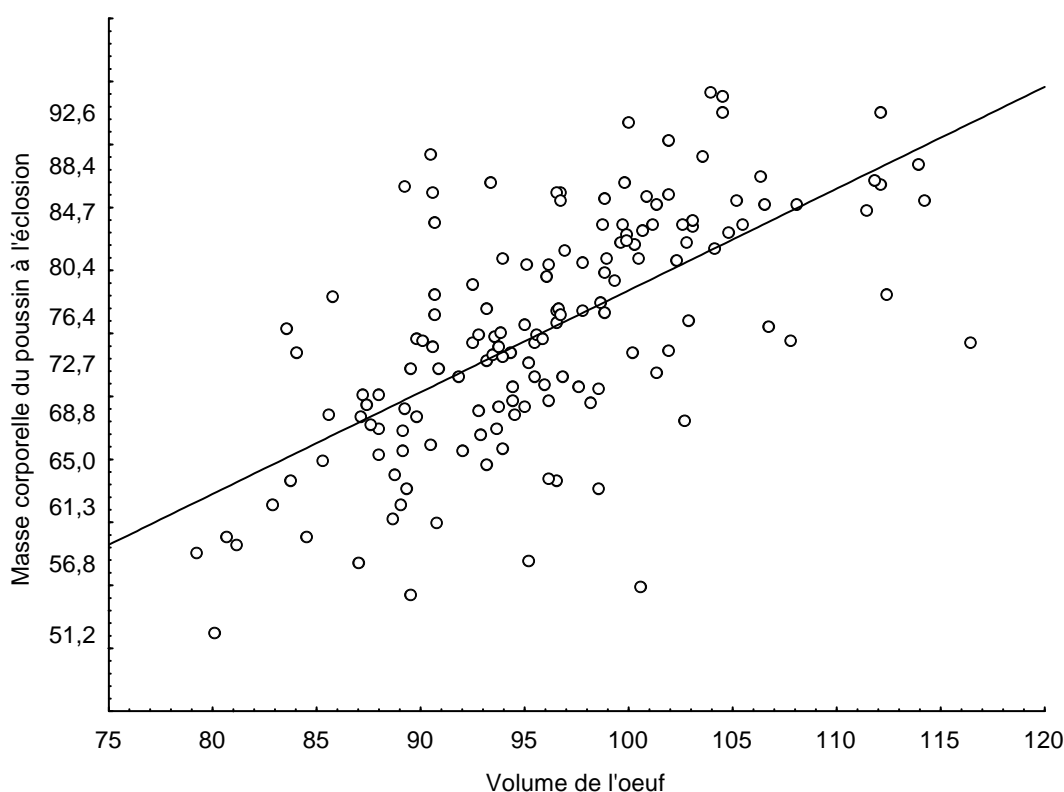


**Figure 22.** Relation entre le volume des œufs et l'ordre de ponte (moyenne  $\pm$  ES) pour les couples de la Cigogne blanche à ponte en présence de nourriture supplémentaire = 1 et des couples témoins = 0 (toutes les pontes sont incluses).

### 5.3.6. Effet du volume des œufs sur le poids des poussins à l'éclosion

Il y a une corrélation positive significative entre le volume des œufs et le poids des poussins à l'éclosion (corrélation de Pearson,  $r = 0,6429$ ,  $N = 170$ ,  $P < 0,001$ ) (figure 23). La masse à l'éclosion des poussins augmente linéairement avec le volume des œufs suivant la relation :

$$\text{Masse du poussin à l'éclosion en (g)} = -2,36482014 + 0,807788398 * \text{volume de l'œuf en (cm}^3\text{)}.$$



**Figure 23.** Relation entre le volume des œufs et le poids des poussins à l'éclosion.

### 5.3.7. Effet de la nourriture supplémentaire sur le poids des poussins à l'éclosion, interaction entre l'ordre d'éclosion et la nourriture supplémentaire.

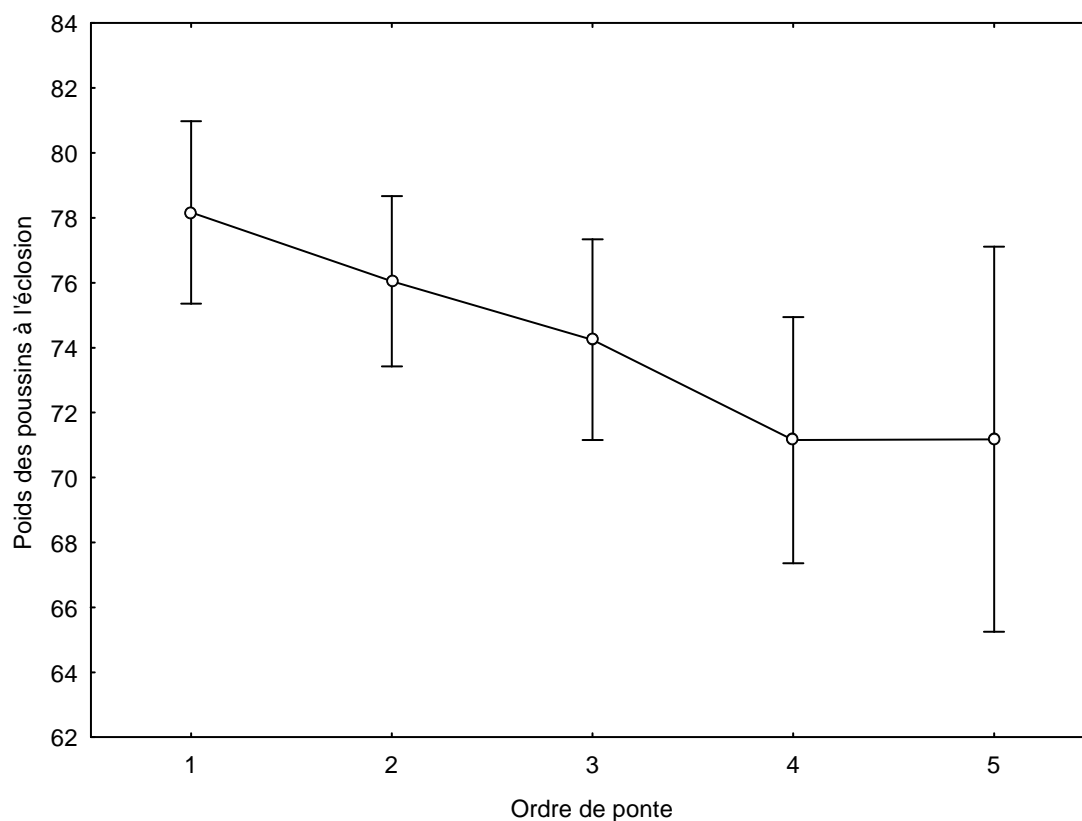
Pour tester l'effet de la nourriture supplémentaire sur le poids des poussins à l'éclosion on a procédé par une analyse de la covariance multiple où la masse des poussins à l'éclosion est entrée dans le modèle comme variable dépendante, l'année, la nourriture supplémentaire et l'ordre d'éclosion sont entrés comme facteurs indépendants, le volume des œufs comme covariable, pour éviter la pseudo-réplication (hurlbert 1984), le nid est entré comme facteur aléatoire.

Cette analyse de la covariance a montré que le poids à l'éclosion des poussins est fortement affecté par l'ordre d'éclosion ( $F_{4,138} = 155,67$ ,  $P < 0,0001$ ) avec des différences significatives entre le 4<sup>ème</sup> et le 5<sup>ème</sup> poussin éclos et le 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> (test post hoc  $P < 0,05$ ), (tableau 18, figure 24). Avec un poids moyen pour le poussin premier éclos de  $78,16 \pm 1,42$  g et pour le dernier éclos de  $71,17 \pm 2,99$  g (tableau 19).

La nourriture supplémentaire a aussi eu un effet très significatif sur le poids à l'éclosion ( $F_{1,48} = 12,9$ ,  $P < 0,0008$ ). En 2002, le poids moyen des poussins issus des nichées avec nourriture supplémentaire était supérieur ( $73,6 \pm 1,1$  g,  $N=27$ ) à celui des poussins des nichées sans supplément alimentaire ( $61,6 \pm 3,32$  g,  $N=3$ ) de même qu'en 2004, les masses corporelles des poussins étaient de ( $79,47 \pm 1,07$  g,  $N= 42$ ) et de ( $71,27 \pm 1,14$  g,  $N= 27$ ) respectivement dans les deux groupes d'oiseaux, en 2003 la masse à l'éclosion dans le groupe bénéficiant de ce supplément alimentaire était de  $76,41 \pm 1$  g (tableau 20), (figure 25). Cette augmentation de la masse corporelle dans le groupe d'oiseaux supplémentés serait due à la conséquence de l'augmentation du volume des œufs dans ce même groupe et aussi pourrait émaner de la qualité des œufs. Le facteur année a également affecté la masse à l'éclosion ( $F_{2,47} = 6,75$ ,  $P = 0,0026$ ) avec différence significative dans le poids entre les poussins de l'année 2002 et ceux de 2003 et 2004, (test post hoc,  $P < 0,05$ ). Le poids moyen des poussins à l'éclosion était de  $67,62 \pm 1,96$  g ( $N= 30$ ) en 2002,  $76,40 \pm 1$ g ( $N= 41$ ) en 2003 et de  $75,37 \pm 0,72$  g en 2004 ( $N= 79$ ). Le volume des œufs a également eu un effet très significatif sur la masse corporelle des poussins à l'éclosion ( $F_{1,138} = 184,25$ ,  $P < 0,0001$ ), l'interaction entre nourriture supplémentaire et ordre d'éclosion est également significative ( $F_{3,138} = 22,45$ ,  $P < 0,0001$ ) (tableau 18) cette interaction nous montre que les poussins éclos des derniers œufs 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> dans la couvée naissent avec un poids plus élevé quand les parents de la Cigogne blanche sont soumis à la nourriture supplémentaire (test post hoc  $P < 0,05$ ) entre les deux groupes d'oiseaux, résultat très intéressant, par contre les poussins éclos à partir des premiers œufs ne semblent pas être affectés par cette nourriture supplémentaire.

**Tableau 18.** Analyse de la covariance (ANCOVA) : Effets des facteurs indépendants sur la masse des poussins à l'éclosion. Année, nourriture supplémentaire et ordre d'éclosion sont les variables indépendantes (facteurs) et volume est une covariable.

Source	DI	Valeur de F	P
Nourriture supplémentaire	1	12,9	0,0008
Ordre d'éclosion	4	155,67	<0,0001
Année	2	6,75	0,0026
Volume	1	184,25	<0,0001
Nourriture supplémentaire*ordre d'éclosion	3	22,45	<0,0001



**Figure 24.** Variation de la masse corporelle des poussins (Moyenne  $\pm$  DS) en fonction de l'ordre de ponte au cours des trois saisons de reproduction 2002- 2003 et 2004 dans les trois colonies.

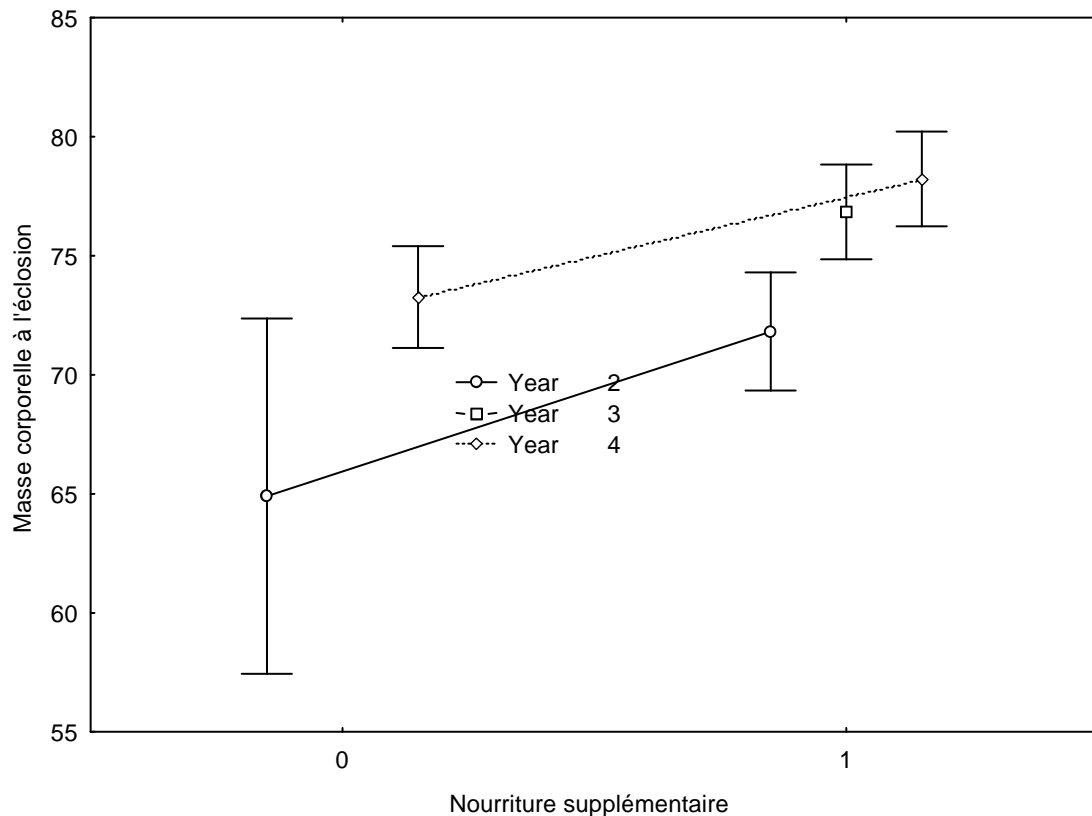


**Tableau 19.** Masse corporelle moyenne des poussins (g) à l'éclosion (Moy  $\pm$  ES) suivant l'ordre de celle-ci au cours des trois années d'étude.

Ordre d'éclosion	Poids du poussin à l'éclosion (g)	(N)
	Moyenne $\pm$ Erreur standard	
1	78,16 $\pm$ 1,42	40
2	76,05 $\pm$ 1,32	46
3	74,24 $\pm$ 1,56	33
4	71,15 $\pm$ 1,91	22
5	71,17 $\pm$ 2,99	9

**Tableau 20.** Masse corporelle moyenne des poussins (g) à l'éclosion chez les couples de Cigogne blanche en présence de nourriture supplémentaire (N.S.) et les couples témoins (S. N. S.) : sans nourriture supplémentaire au cours des trois années d'étude. Les différences sont significatives entre les deux groupes d'oiseaux.

Année	Poids du poussin à l'éclosion (g) (Moyenne $\pm$ Erreur standard)	N
2002	N. S. 73,6 $\pm$ 1,1	27
	S. N. S. 61,6 $\pm$ 3,32	3
2004	N. S. 79,5 $\pm$ 1,07	42
	S. N. S. 71,27 $\pm$ 1,14	37
2003	N. S. 76,41 $\pm$ 1	41



**Figure 25.** Variation de la masse corporelle des poussins (Moyenne  $\pm$  DS) en fonction de la nourriture supplémentaire au cours des trois saisons de reproduction 2002- 2003 et 2004 dans les trois colonies.

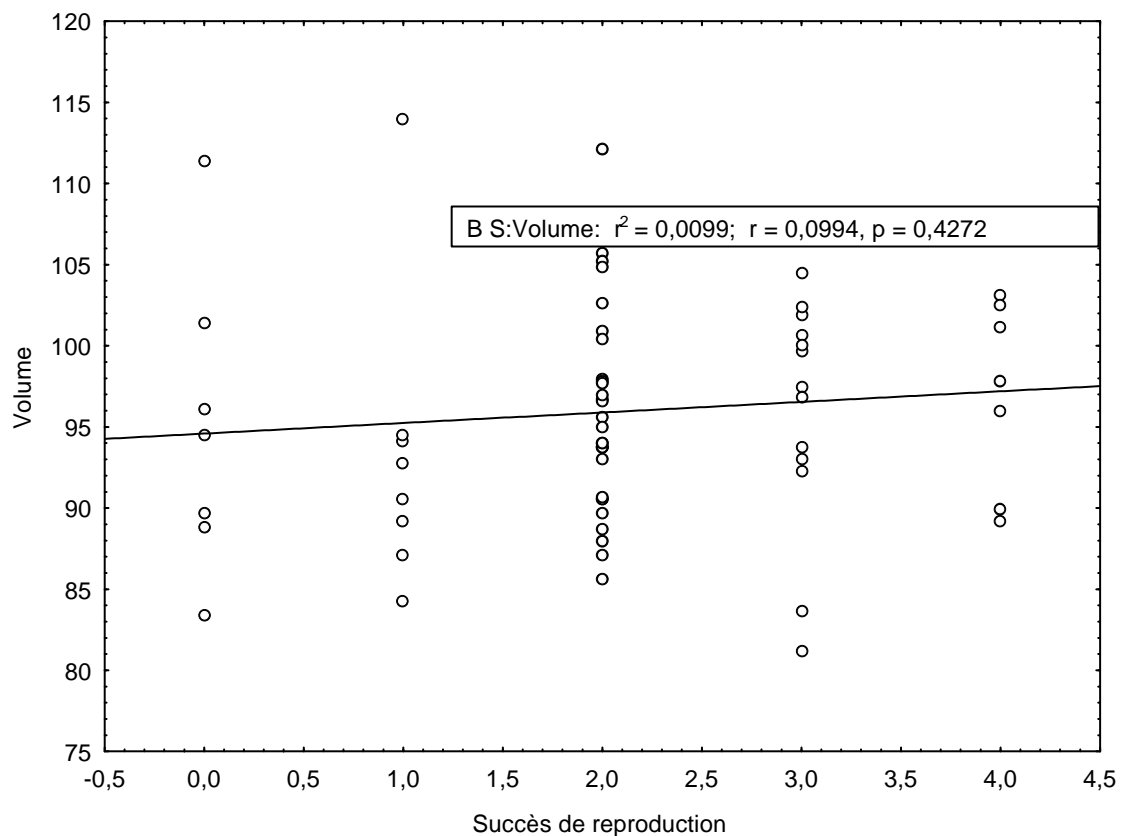
### 5.3.8. Survie des poussins en relation avec le volume des œufs, le poids à l'éclosion et l'ordre d'éclosion

En moyenne, le volume des œufs dans le groupe d'oiseaux qui ont survécu jusqu'à l'envol était différent de celui du groupe d'oiseaux qui n'ont pas survécu ( $t_{(266)} = 2,48$ ,  $P = 0,01$ ) donc le volume des œufs affecte positivement le taux de survie ( $r = 0,15$ ,  $P = 0,01$ ,  $N = 286$ ), de même la masse corporelle à l'éclosion était significativement différente dans les deux groupes d'oiseaux ( $t_{(148)} = 4,03$ ,  $P = 0,00008$ ) et donc la survie est positivement corrélée à la masse des poussins à l'éclosion ( $r = 0,31$ ,  $P = 0,00009$ ,  $N = 286$ ).

L'ordre d'éclosion a également eu un effet similaire hautement significatif sur la survie des poussins ( $t_{(269)} = -6,61$ ,  $P = 0,000000$ ) entre les deux groupes d'oiseaux. Un taux de 89,16% d'oiseaux qui avaient survécu appartenait aux trois premiers ordres d'éclosion et uniquement un taux de 10,84% au quatrième ordre d'éclosion, aucun poussin du cinquième ordre n'a survécu. Par contre la survie des poussins décline avec l'ordre de ponte ( $r = -0,37$ ,  $P = 0,0000$ ,  $N = 286$ ).

### 5.3.9. Relation entre le volume des œufs et le succès de reproduction

Le succès de la reproduction n'était pas corrélé au volume des œufs ( $r = 0,09$ ,  $P = 0,42$ ,  $N = 160$ ) (figure 26).



**Figure 26.** Relation entre le volume des oeufs et le succès de reproduction.

## 5.4. Discussion

### 5.4.1. Caractéristiques physiques des œufs, dimensions et volume

**Tableau 21.** Variabilité géographique des dimensions des œufs de *Ciconia ciconia* (modifié à partir de Profus, 1991).

Pays ou Région	Nombre d'œufs mesurés	Taille moyenne : longueur x diamètre en (mm)
France	18	69 – 78,3 X 49,0 – 55,8
Suisse	48	64,8 – 77,7 X 47,3 – 55,1
Hongrie	42	46,2 – 78,8 X 46,9 – 55,3
Espagne	718	58,2 – 88,8 X 44,6 – 62,0
Tunisie	?	60,5 – 78,5 X 45,4 – 53,7
Maroc	24	65,0 – 75,0 X 48 – 53,0
Présente étude	378	63,4 – 83,3 X 47,9 – 59,1

**Tableau 22.** Comparaison du volume de nos œufs avec ceux de la Pologne.

Pays ou région	Nombre d'œufs mesurés	Volume moyen (cm <sup>3</sup> )	Auteur
Pologne	382	100 ± 6,92	Profus et al. (2004)
Présente étude	378	95,57 ± 7,62	

Les œufs provenant de nos colonies présentent un volume plus ou moins semblable aux œufs provenant de l'Europe central et du Sud par contre nos œufs sont de plus grandes dimensions que les œufs du Maroc et de la Tunisie (tableau 21). Le volume de nos œufs est légèrement plus petit que les œufs de la Cigogne blanche mesurées par Profus *et al.* (2004) en Pologne (tableau 22). Le modèle de taille de ponte 4 retrouvé dans nos colonies durant les trois saisons de reproduction est le même que celui retrouvé chez la Cigogne blanche par plusieurs auteurs (Tortosa 1992, Profus *et al.* 2004).

#### 5.4.2. Taille, date de ponte et disponibilité alimentaire

Une des principales causes de l'évolution de la taille de ponte chez les oiseaux est la disponibilité alimentaire pendant la saison de reproduction (Lack 1947, Godfray *et al.* 1991; Martin 1995). Dans cette étude, on a démontré que les nids dans les colonies de la Cigogne blanche qui avaient accès à la nourriture supplémentaire ont fait des pontes de plus grande taille avec un taux plus élevé d'éclosion comparés aux nids des colonies sans ce supplément alimentaire.

Il a été suggéré que la cause de la baisse dans la taille de ponte au fur et à mesure que la saison progresse (seasonal decline in clutch size) trouvé chez beaucoup d'espèces d'oiseaux nidicoles est due à la diminution des ressources alimentaires au fur et à mesure que la saison avance (Korpimäki et Wiehn 1998, Christians *et al.* 2001; Arnold *et al.* 2004).

Notre étude aussi a montré une baisse dans la taille de ponte avec l'avancement de la saison, phénomène observé dans les colonies et les années où la nourriture supplémentaire manquait donc les oiseaux étaient seulement soumis aux conditions naturelles. Nos résultats sont en accord avec d'autres études ayant trouvé que la nourriture supplémentaire a un effet sur la date ainsi que sur la taille de ponte (Reynolds *et al.* 2003). D'un autre côté, il a été démontré dans quelques travaux qu'il n'y avait aucun effet de la nourriture additive, ce qui pourrait être masqué par l'effet d'autres facteurs environnementaux (Gill *et al.* 2002, Preston et Rotenberry 2006).

Dans la présente étude, il semble qu'il y avait à la fois l'effet de la nourriture supplémentaire et d'autres facteurs environnementaux, par exemple les précipitations, sur la variation de la taille de ponte. En comparant entre les années, la taille moyenne de ponte était significativement plus grande en 2004 qu'en 2003 et en 2002 et ceci pourrait être lié à la pluviométrie moyenne mesurée un mois avant la date de ponte en effet, durant le mois de Mars 2002, qui était une année de faible pluviométrie, on a enregistré une quantité de pluie de 2.2 mm et en 2003 la pluviométrie pendant ce mois était de 20.7 mm. Par contre en 2004, le mois de Mars a marqué la plus grande pluviométrie, 54 mm. La Cigogne blanche prend assez de temps pour accumuler des réserves lipidiques qu'elle nécessite pour la période de ponte (Tortosa 1992, Tryjanowski *et al.* 2004) et une année avec une moyenne pluviométrique élevée le mois qui précède la ponte, conduit à une disponibilité trophique favorable, ainsi, la Cigogne blanche répond à ça en faisant des pontes de plus grande taille comme il a été trouvé chez d'autres espèces d'oiseaux. (Lloyd 1999).

Ainsi, cette relation entre pluviométrie, année et taille de ponte pourrait être expliquée par : a) Les parents de la Cigogne blanche étaient sensibles aux signaux externes par exemple la moyenne annuelle de la pluviométrie (moyenne de l'année 2004) comme il a été démontré chez la mésange bleue *Parus caeruleus* (Svensson et Nilsson 1995, Bourgault *et al.* 2006), et /ou

b) la nourriture était limitée, en effet ; normalement, la nourriture des femelles de la Cigogne blanche dans les décharges fait que celles-ci répondent par une ponte de taille plus grande, mais cette nourriture supplémentaire n'était probablement pas à un taux suffisant (not to the level of *ad libitum* extra food) ou comme alternative, il se pourrait qu'il y avait un manque de certains nutriments dans cette nourriture, et donc simplement il y avait une carence de certaines substances. Ceci explique qu'en 2002, dans les colonies 1 et 2, malgré la disponibilité des ressources alimentaires supplémentaires, la taille de ponte était faible par rapport à 2004. On suppose donc un effet supplémentaire de la pluviométrie sur la taille de ponte qui augmente avec de fortes précipitations.

Quelques études précédentes de terrain sur la Cigogne blanche ont aussi trouvé que ces oiseaux, pendant certaines années ; pourraient utiliser la nourriture trouvée dans les décharges publiques (Gómez-Tejedor et De Lope 1993, Tortosa *et al.* 2002) et répondent par l'amélioration d'un caractère de l'histoire de vie (a life-history character) telle que la taille de ponte (qui est partiellement sous contrôle génétique). Ainsi, notre étude confirme aussi que les nids avec une nourriture supplémentaire avaient augmenté leur taille de ponte en relation avec cette nourriture additive.

La taille de ponte a aussi été plus faible au cours des années où les ressources trophiques étaient pauvres tel qu'il a été montré chez d'autres espèces par exemple chez les mésanges *Parus spp* (Perrins 1991), et la plus petite taille de ponte dans cette étude a été trouvée en 2002, l'année avec la plus faible pluviométrie pour ces trois années consécutives. Cependant on a aussi trouvé qu'en 2004 (année la plus pluvieuse) que la taille de ponte était significativement plus élevée dans les nids avec nourriture additive comparés à ceux sans cette dernière, ce qui montre qu'il y aurait un effet expérimental additif de la nourriture supplémentaire fournie par les décharges des fermes d'élevage du poulet ou des poulaillers. Les couples de la Cigogne blanche avec nourriture supplémentaire ont eu à la fois des pontes en avance et de plus grande taille que les nids sans nourriture additive en 2002 et 2004.

Nos résultats appuient donc l'hypothèse de la nourriture supplémentaire qui affecte à la fois la date et la taille de ponte (Newton et Marquiss 1981, Dijkstra *et al.* 1982 ; Hönfeldt et Eklund 1990, Aparicio 1994 ; Tortosa *et al.* 2003) et montrent que la Cigogne blanche paraît ainsi répondre aux conditions environnementales telles que la nourriture supplémentaire et la pluviométrie indépendamment, par un avancement de la date de ponte et l'augmentation de la taille de celle-ci.

#### **5.4.3. Effet de la nourriture supplémentaire sur le succès d'éclosion**

Le taux élevé du succès d'éclosion chez les couples reproducteurs ayant bénéficié d'une nourriture supplémentaire pourrait être dû à la baisse des coûts énergétiques de l'incubation à certains égards pour les parents du moment que cette disponibilité alimentaire sur place leur épargne des dépenses énergétiques inutiles. En effet, l'incubation est une activité qui nécessite de l'énergie comme les parents ont besoin de chauffer les œufs (Moreno et Sanz 1994).

En plus de l'exigence en énergie pour incuber les oeufs, l'incubation concourt avec l'activité de recherche de nourriture, du moment que le temps pourrait être un facteur limitant quand il y a manque de nourriture en effet, les parents passent plus de temps à la recherche de celle-ci et donc s'éloignent du nid et ceci se répercute sur la couvée. Donc la nourriture supplémentaire issue des décharges de poulaillers pourrait permettre aux adultes de satisfaire leurs besoins en énergie pour un court délai durant la période d'incubation. Ceci pourrait expliquer le succès d'éclosion élevé dans les nids de la Cigogne blanche où la nourriture supplémentaire était disponible. Un résultat similaire a aussi été trouvé chez la mouette tridactyle *Rissa tridactyla*, espèce à une seule couvée (comme la Cigogne blanche) où un succès d'éclosion élevé a été démontré chez les oiseaux avec nourriture supplémentaire comparés avec les oiseaux témoins (Gill *et al.* 2002).

Ce paramètre important de la reproduction a aussi été affecté par la nourriture additive chez le Diaman mandarin *Taeniopygia guttata*, où les oiseaux soumis à un régime riche en protéines ont eu un succès d'éclosion élevé comparés aux couples nourris avec un régime nutritionnel pauvre (Gorman et Nager 2003). Par contre, chez le Hiihi espèce à couvées multiples, le succès reproducteur n'a pas changé, après l'addition d'une nourriture supplémentaire (Castro *et al.* 2003).

Les coûts associés à l'incubation pourraient être résolus par les parents de deux manières, premièrement en augmentant le taux de consommation de nourriture pendant

la période d'incubation (Coleman et Whithal 1988), et deuxièmement en diminuant l'effort consacré à l'attention au nid. Cependant les conséquences d'être le moins de temps au nid durant l'incubation pourrait allonger et impliquer un succès d'éclosion plus faible (Moreno et Carlson 1989, Webb 1987).

Allonger le temps d'incubation pourrait aussi faire augmenter le risque de la prédation (Martin 1995). D'un autre côté, Il a été montré dans d'autres études sur la Cigogne blanche que le pourcentage de temps alloué par les femelles à l'incubation baisse quand les températures moyennes diminuent du moment que les femelles augmentent leur effort de recherche de nourriture par temps froid, malgré cet effort, les parents de la Cigogne blanche sont sujets à une diminution de leur masse corporelle pendant la période d'incubation, surtout quand il fait froid (Sasvari et Hegyi 2001).

Ainsi, le supplément de nourriture pour les parents de la Cigogne blanche dans cette étude les a probablement aidé à surmonter les contraintes du temps alloué à la quête de nourriture et par conséquent les dépenses énergétiques durant la phase d'incubation et probablement aussi pendant le début de la phase d'élevage des poussins. La nourriture supplémentaire épargne aux parents des dépenses parentales (parental expenditure), nécessaires dans l'effort de la reproduction.

Dans le futur, des études du comportement au cours de l'incubation et de l'élevage des poussins en fonction des disponibilités alimentaires et des variables environnementales sont nécessaires si on voudrait être capable de dégager les différentes contraintes s'opérant durant la phase d'incubation et d'élevage chez la Cigogne blanche et chez les oiseaux nidicoles en général.

#### **5.4.4. Patron de variation du volume des œufs à l'intérieur de la couvée et disponibilité alimentaire.**

Les deux principales hypothèses qui sont proposées pour expliquer la fonction de la variation de la taille des œufs à l'intérieur des couvées chez les oiseaux à éclosion asynchrone sont :

Premièrement, une augmentation dans la taille des œufs suivant l'ordre de ponte qui est une adaptation pour contrebalancer l'effet de l'éclosion asynchrone (Howe 1976) alors qu'une baisse de la taille des œufs avec l'ordre de ponte accentuerait l'effet de cette éclosion asynchrone et faciliterait la réduction de la nichée (Hypothèse de la réduction de la nichée (Slagsvold *et al.* 1984).



Dans notre cas nous assistons à la deuxième situation où le volume des œufs diminue avec l'ordre de ponte cas très communs chez les oiseaux asynchrones (Bollinger 1994) et chez la Cigogne blanche (Profus *et al.* 2004).

Nos résultats sont en accord avec beaucoup d'autres qui ont trouvé que le volume des œufs est affecté par la nourriture supplémentaire. En effet, dans une revue générale de la question Robb *et al.* (2008) ont trouvé que les augmentations dans le volume des oeufs a été reporté dans 38% des travaux sur le plan quantitatif. (Aparicio 1999, Clifford et Anderson 2001) et qualitatif (Blount *et al.* 2002, Reynolds *et al.* 2003). Par contre Gill *et al.* (2002) dans une étude sur la sensibilité des paramètres de la reproduction à la nourriture supplémentaire chez la mouette tridactyle *Rissa tridactyla* n'ont trouvé aucune différence dans le volume des oeufs dans les deux groupes d'oiseaux avec supplément ou sans. De même Jager *et al.* (2000) dans une étude sur l'Huitrier pie *Haemantopus ostralegus* n'ont trouvé aucun effet de ce facteur sur le volume des œufs.

Nos résultats sont semblables à ceux trouvés par Aparicio (1999) dans une expérience de nourriture supplémentaire chez le Faucon crécerelle qui a trouvé aussi une interaction entre nourriture supplémentaire et l'ordre de ponte où les premiers œufs de la séquence étaient de plus grand volume dans le groupe des oiseaux nourris, aussi Clifford et Anderson (2001) dans une étude sur le Fou de bassan ont trouvé que les femelles supplémentées de cette espèce ont pondue le 2<sup>ème</sup> oeuf plus gros que celui des femelles non supplémentées.

Les femelles du Geai des chênes approvisionnées avec un supplément alimentaire très riche en protéines et en graisses ont pondue des œufs de 3<sup>ème</sup> position de plus grand volume contenant plus d'eau et protéines sur le plan qualitatif que les femelles non supplémentées (Reynolds *et al.* 2003).

Nos résultats ont montré un volume plus grand pour le 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> oeuf de la séquence de ponte dans le groupe d'oiseaux supplémentés, suggérant donc que la disponibilité alimentaire et donc disponibilité de nutriments (nutrients) et énergie pendant la phase de formation des œufs pourrait agir comme un facteur du milieu (Proximate factor) affectant le volume des œufs indépendamment de l'ordre de ponte comme il a été trouvé par (Redmond 1986, Wiebe et Bortolotti 1996 ; Amat *et al.* 2001).

D'une autre part, le résultat non significatif de l'effet de la taille de ponte sur le volume des oeufs nous conduit à conclure que notre population de Cigogne blanche ne fait pas de compromis (trade-off) entre la taille de ponte et la taille des œufs expliquée par Briskie et Sealy 1990, Cichon 1997) de la sorte : les femelles font un compromis entre pondre peu d'œufs ayant une grande taille (volume) ou de nombreux œufs mais de petite taille.

De même Profus *et al.* (2004), dans une étude sur la variation de la taille des œufs dans une population de Cigogne blanche en Pologne n'ont pas trouvé de compromis entre la taille des œufs et la taille de ponte. Nous ajoutons que de très rares études se sont intéressées à la variation de la taille des œufs à l'intérieur de la nichée chez les Ciconiformes et chez *Ciconia ciconia* en particulier, ceci est le deuxième travail après Profus *et al.* (2004).

L'étude de la variation de la taille des œufs est un thème encore équivoque, les recherches récentes se sont intéressées à la composition des œufs pour voir son impact sur la survie de la progéniture. Chez les oiseaux, les recherches sur la composition qualitative des œufs, ont prouvé que les femelles sont capables de modifier le contenu des œufs en terme d'immunoglobulines (Igs) (Grindstaff *et al.* 2003), d'androgènes (Verboven *et al.* 2003, Groothuis *et al.* 2005) et d'antioxydants (Groothuis *et al.* 2006).

Karel *et al.* (2008) ont prouvé que la transmission D'Igs de la mère quand elle est soumise à la nourriture supplémentaire aux poussins avec un taux élevé permet aux poussins de faire face aux maladies en plus du poids élevé à l'éclosion, ceci est un facteur très important concernant l'immunité des poussins transmise par les mères via les œufs contribuant à un taux de survie plus élevé.

#### **5.4.5. Relation volume des œufs, poids des poussins à l'éclosion, effet de la disponibilité alimentaire et survie en relation avec le volume des œufs et le poids des poussins à l'éclosion.**

Nos résultats appuient la relation positive entre la survie et le volume des œufs et entre la survie et le poids des poussins à l'éclosion ainsi que la corrélation positive entre le volume des oeufs et le poids des poussins à l'éclosion qui sont étayés par de nombreux travaux cités en littérature (Bollinger 1994, Aparicio, 1999, Jager *et al.* 2000, Amat *et al.* 2001, Karel *et al.* 2008) qui ont tous trouvé que le poids des poussins à

l'éclosion augmente avec le volume des œufs, spécifiquement tous ces auteurs ont travaillé en présence de nourriture supplémentaire.

L'augmentation de la masse corporelle des poussins à l'éclosion augmente avec le volume et son augmentation chez le groupe d'oiseaux bénéficiant d'une nourriture supplémentaire serait une conséquence de l'augmentation du volume des œufs chez ce même groupe.

Les oeufs de grand volume donnent des poussins plus gros et ceci pourrait donner de meilleures possibilités de survie jusqu'à l'envol, ceci ne serait pas seulement dû au volume en soit mais serait une conséquence de l'habilité et la bonne qualité des parents de pondre des œufs et ultérieurement apportant un soin optimal aux poussins (Meathrel *et al.* 1993). Taille de l'œuf et survie du poussin sont probablement affectés par la qualité des parents, en particulier celle des mères (Nager *et al.* 2006).

Néanmoins, l'augmentation du volume de l'oeuf n'engendre pas toujours une augmentation du taux de croissance des poussins ou survie supposant que pour certaines espèces, les bénéfices de l'augmentation de la taille des œufs pourraient être relativement vécus au cours d'une période très courte et limitée, la période de pré et post- éclosion (Svensson et Nilsson 1995). De même, Jager *et al.* (2000), dans une étude sur l'huitrier pie *Haemantopus ostralegus* n'ont pas trouvé d'évidence que les poussins qui proviennent d'œufs de plus grand volume avaient un taux de survie plus élevé. Si la taille de l'œuf a un effet positif sur la survie des poussins sa contribution semble complètement cachée par d'autres facteurs.

Avec un intérêt aux conséquences de la variation de la taille des œufs sur l'efficacité biologique des poussins, la taille de l'œuf est toujours corrélé à la masse des poussins à l'éclosion et la masse durant la première semaine de vie après l'éclosion, mais l'évidence pour des effets durables sur la croissance et la survie est équivoque.

Un avantage de la masse élevée à l'éclosion est que la survie des poussins pourrait au moins être plus grande pendant la première semaine de vie quand les poussins sont vulnérables aux mauvaises conditions climatiques et aux prédateurs (Williams 1994, Jager *et al.* 2000), de même pour la cigogne blanche, un poids optimal à l'éclosion pourrait épargner aux poussins les contraintes de mauvaises conditions climatiques surtout que les poussins ne développent pas leur thermorégularité avant 20 jours d'âge (Tortosa et Castro 2003).

D'une autre part, le volume des œufs chez les oiseaux marins est communément considéré comme un index important de qualité des œufs car il est pensé qu'il reflète la

quantité de réserves en substances nutritives nécessaires au poussin pour le développement embryonnaire et à l'éclosion (Boersma 1982).

Autre facteur qui pourrait être affecté par ce poids à l'éclosion c'est le recrutement des espèces par exemple, les poussins les plus gros à l'éclosion du Gravelot à collier interrompu sont recrutés dans la population reproductrice plus souvent que leurs frères de poids plus faible (Amat *et al.* 2001). Mais malheureusement nous ne pouvons nous avancer sur le recrutement des jeunes reproducteurs dans les populations de cigognes étudiées dans nos colonies pour pouvoir mesurer le taux de survie du moment que les individus n'étaient pas bagués et il n'y a pas un programme de bagage pour les cigognes qui naissent en Algérie.

L'impact année sur la masse corporelle à l'éclosion qui a donné le poids des poussins de l'année 2002 plus faible que celui des années 2003 et 2004 appuie l'effet climatique retrouvé pour la taille de ponte au cours de cette même année de faible pluviométrie malgré la présence de la nourriture supplémentaire provenant des déchets des poulaillers donc, on retrouve un effet du facteur pluviométrie sur le poids des poussins à l'éclosion.

#### **5.4.6. Effet de la nourriture supplémentaire sur le poids des poussins à l'éclosion, interaction entre l'ordre d'éclosion et la nourriture supplémentaire, relation ordre d'éclosion et survie.**

Dans nos colonies, la survie des poussins décline avec l'ordre de ponte comme trouvé par (Bollinger 1994).

Cette diminution de survie serait due aux effets potentiels de l'éclosion asynchrone et de la diminution de la taille de l'œuf qui diminue avec l'ordre de ponte, cet effet pourrait être cohérent avec la stratégie de la réduction de la nichée en accord avec l'hypothèse de la réduction de la nichée (Lack 1954). L'éclosion asynchrone est une adaptation qui produit une compétition due à la hiérarchie à l'intérieur de la nichée qui à son tour pourrait être accentuée par la variation de la taille des œufs (Slagsvold *et al.* 1984). Cette hiérarchie maximise le succès de reproduction en facilitant la mort du poussin le plus jeune quand la nourriture vient à manquer.

Cette baisse de survie pourrait donc être due à l'éclosion retardée et à la petite taille de l'œuf comme a été trouvé par Bollinger (1994) chez la Sterne pierregarin *Sterna hirundo*.

Cependant les couples de la Cigogne blanche soumis à une nourriture supplémentaire ont pu contrebalancer cet effet l'asynchronisme de l'éclosion et ses conséquences, ceci est montré par l'interaction entre nourriture supplémentaire et ordre d'éclosion qui est significative, cette interaction nous montre que les poussins éclos des derniers œufs dans la couvée naissent avec un poids plus élevé quand les parents de la Cigogne blanche sont soumis à la nourriture supplémentaire, résultat très intéressant. Cette interaction confirme ce qui a été trouvé à l'interaction entre l'ordre de ponte et le volume des œufs où on a observé que les œufs des dernières position de ponte étaient de plus grand volume quand les cigognes étaient soumises à un supplément alimentaire ainsi comme conséquence de ces mêmes œufs de la séquence de ponte éclosent des poussins de plus grande masse corporelle. Ce résultat trouvé pourrait épargner aux poussins deux désavantages, éclore en dernière position et à partir d'un œuf de plus petite taille dont souvent les effets sont confondus.

Quoi que la corrélation entre l'ordre de ponte, l'ordre d'éclosion, la masse corporelle du poussin à l'éclosion et survie est toujours sujet de recherches (St clair 1992, Bortolotti et Wiebe 1993, Stolesson et Beissinger 1995, Muck et Nager 2006), les recherches récentes de Muck et Nager (2006) ont trouvé que dans la nichée les poussins éclos des derniers œufs ont l'habilité d'accélérer l'éclosion une fois que leurs frères sont déjà éclos.

Ce qui pourrait faire épargner aux poussins derniers éclos les désavantages d'éclore dans cette position. Cette accélération de l'éclosion pourrait faire bénéficier le dernier éclos en réduisant les intervalles d'éclosion mais il en résulte aussi une faible masse d'éclosion de ce poussin.

Comme cette habilité d'accélérer l'éclosion n'a pas été trouvée chez les poussins premiers éclos, les différences dans la qualité intrinsèque des œufs pourrait être responsable de la durée que met le poussin pour éclore. Les différences dans la qualité des œufs émanent de la différence dans l'allocation des ressources à travers la séquence de la ponte par le parent et pourrait donc supposer une stratégie des parents à soulager l'effet préjudiciable de la hiérarchie au sein de la nichée sur le poussin dernier éclos.

#### **5.4.7. Relation Volume succès de la reproduction**

L'absence d'une corrélation positive entre le volume des œufs et le succès de reproduction trouvé dans ce travail a aussi été trouvée par Jager *et al.* (2000), dans une

étude sur l'Huitrier pie qui l'a expliqué par la qualité des parents et l'effort parental pendant l'élevage des jeunes plutôt qu'au volume des œufs en soi.

En théorie une corrélation positive entre le volume des œufs et le succès de reproduction pourrait être masqué par des œufs de gros volume avec des territoires pauvres et des œufs de petit volume avec territoires riches (Jager *et al.* 2000).

En outre, les facteurs affectant le succès de la reproduction chez la Cigogne blanche sont complexes et mutuellement liés (Tortosa *et al.* 2002, Tryjanowski et Kuźniak 2002 ; Jovani et Tella (2004).

Donc l'absence d'une corrélation positive entre le volume des œufs et le succès de reproduction dans nos colonies pourrait être reliée avec la disponibilité alimentaire liée en partie aux décharges sans pour autant négliger l'investissement parental au cours de la saison de l'élevage.

## *Chapitre 6*

### *Contrôle de la répartition de la nourriture dans la nichée*

## 6.1. Introduction

Dans un environnement imprévisible, les oiseaux doivent ajuster leurs nichées aux disponibilités alimentaires. En produisant peu d'oeufs, les parents ne pourraient que réduire inutilement la production de jeunes, à l'opposé le fait de faire des pontes de grande taille pourrait engendrer des poussins de mauvaise qualité avec une faible chance de survie.

Lack (1947) a proposé que les parents favorisent la compétition entre les poussins de la nichée en imposant une asymétrie dans la taille de ces derniers due à l'asynchronisme d'éclosion. En plus aux manipulations de l'intervalle d'éclosion (Magrath 1990, Stoleson et Beissinger 1995), il y a aussi la différence dans la taille des oeufs au sein de la même couvée (Slagsvold *et al.* 1984), et le contenu hormonal de ces derniers (Schwabl 1996) qui sont en rapport avec les mécanismes parentaux de régulation de la nichée au cours de la phase de pré-éclosion (pre-hatching parental regulatory mechanisms) qui favorisent la compétition.

Chez les espèces où la réduction de la nichée est obligatoire (obligate brood reduction), le second œuf a été proposé de servir d'assurance en cas de disparition du premier œuf pondue (Cash et Evans 1986) ou bien il est une conséquence d'une tendance évolutive favorisant l'élevage d'un poussin de meilleure qualité (Simmons 1988). D'un autre côté, la réduction facultative de la nichée (facultative brood reduction) n'arrive que dans le cas où la disponibilité alimentaire touche la chance de survie du poussin le plus jeune, du moment que la distribution de la nourriture dans la nichée est très fortement affectée par la disponibilité alimentaire.

La compétition pour la nourriture entre les individus au sein de la nichée est ubiquiste et la manière de laquelle se déroule cette compétition varie selon les espèces.

De sévères interactions agonistiques ont été très bien décrites chez les rapaces (Viñuela 1999), chez les egrettes (Mock et Ploger 1987) et chez les fous (Drummond et García-Chavelas 1989) où les poussins les plus âgés de la nichée empêchent agressivement leur frères plus jeunes de se nourrir ou les tuent directement.

Un mécanisme moins dramatique est celui du favoritisme des parents envers les poussins les plus grands de taille chez les espèces non agressives, où les parents attribuent la nourriture d'une manière directe, proportionnellement à la taille des poussins comme chez les passereaux (Redondo et Castro 1992), ou bien les parents



ignorent carrément le poussin le plus petit de la nichée quand ils nourrissent leurs jeunes comme chez les pingouins de Magellan (Boersma 1991).

Cependant, les parents peuvent essayer d'empêcher la réduction de la nichée comme a été montré chez le grèbe jougris où les parents attaquent spécialement les poussins les plus âgés de la nichée après leur deuxième semaine d'âge pour essayer de favoriser les poussins juniors et donc la compétition entre les poussins est progressivement inversée, ils permettraient ainsi une certaine monopolisation aux plus jeunes (Klokowski 2001).

Théoriquement chez les espèces où les derniers œufs éclos ont à la fois la valeur reproductrice supplémentaire et la valeur reproductrice d'assurance (Mock et Parker 1986), il est supposé pour les parents si la réduction de la nichée devrait avoir lieu, si les conditions alimentaires sont défavorables, de ne pas trop retarder la mort des victimes mais le contraire est préconisé chez les poussins.

Cependant il y a encore une grande polémique sur le premier responsable du contrôle de la distribution de la nourriture dans la nichée seraient-ils les parents ou les poussins ? La question reste encore posée (Royle *et al.* 2002).

Dans la plupart des études sur la répartition de la nourriture dans la nichée, le poussin le plus âgé obtient plus de nourriture que ses frères les plus jeunes comme il a été trouvé chez les egrettes (Werschkul 1979, Ploger et Mock 1986), les passeraux (Bengtsson et Ryden 1983, Redondo et Castro 1992 ; Smiseth et Amundsen 2002), les merles (Ostreiher 1997), les fous (Drummond *et al.* 1986, Drummond et Garcia Chavelas 1989), les rapaces (Forbes 1991, Anderson *et al.* 1993) et les sternes (Bollinger 1994).

Néanmoins, c'est encore difficile de distinguer si la distribution inégale de nourriture entre les poussins est une conséquence d'une préférence parentale ou d'une variation dans l'habileté des poussins de la nichée à monopoliser l'accès au parent nourrisseur (Clutton-Brock 1991, Ploger et Modeiros 2004).

La Cigogne blanche est un oiseau nidicole, espèce longévive avec un comportement des poussins non agressif. La taille de ponte varie de 1 à 7 œufs (moyenne de 4) et le nombre de poussins qui arrivent à l'envol varie de 1 à 4 (Del Hoyo *et al.* 1992). L'intervalle d'éclosion augmente avec la taille de ponte et varie du synchronisme dans les pontes à deux œufs à deux jours (intervalle 1 à 3 jours) dans les

pontes de cinq œufs (Tortosa et Redondo 1992). Les poussins sont nourris par les deux parents jusqu'à ce qu'ils abandonnent le nid quand ils atteignent 50-65 jours d'âge.

Quand à leur régime alimentaire, les poussins sont d'abord nourris par des invertébrés tels que les lombrics, les orthoptères, les coléoptères (Barbraud et Barbraud 1997, Hadji 1998). Les petits vertébrés tels que les larves d'amphibiens, les petits lézards et mammifères sont aussi progressivement introduits au fur et à mesure que les poussins se développent (Tortosa 1992). Les parents délivrent la nourriture par régurgitation sur le plancher du nid après que les poussins se réunissent en ronde autour de la tête du parent. Donc la distribution de la nourriture est une compétition en foule classique (classic scramble competition) se rapportant seulement aux différences dans l'habilité des poussins à manger le plus vite possible. De plus les parents de la Cigogne blanche ne font preuve d'aucune préférence évidente envers un poussin quelconque (Kahl 1972).

Cependant, il a été rapporté que la réduction de la nichée chez la Cigogne blanche est accélérée par des attaques parentales directes (Schüz 1984), ce comportement a été proposé comme manipulation parentale adaptative de la taille de la nichée, "an adaptive parental manipulation of brood size » avant que les ressources substantielles ne soient consacrées aux poussins (Haig 1990).

En conséquence, les parents de la Cigogne blanche pourraient avoir deux types de contrôle sur la distribution de la nourriture dans la nichée, premièrement par la décision du moment de commencement de la couvaison et alors déterminant par ce fait une compétition entre les poussins par l'asymétrie, émanant de l'asynchronisme d'éclosion (Hatching asynchrony) et deuxièmement à travers l'infanticide parental de certains poussins (Zielinski 2002).

Dans ce travail, on a étudié les effets d'une manipulation expérimentale des différences dans la masse corporelle entre les individus de la nichée en augmentant la taille du poussin de rang élevé (senior).

D'un autre côté, il est connu que la Cigogne blanche augmente la taille des proies délivrées à ses poussins en fonction de l'âge de la nichée, ce qui pourrait être expliqué par un moyen d'amortir les difficultés émanant d'un régime alimentaire spécialiste composé de proies de petite taille et passer outre à un régime de proies toutes tailles (Tortosa et Redondo 1992).

On a donc émis l'hypothèse que les parents soient sensibles à la taille du poussin senior et on a supposé une augmentation dans la taille des proies délivrées à la nichée quand la taille du poussin senior est expérimentalement augmentée. Néanmoins, en sélectionnant des proies de plus grande taille, les parents pourraient influencer la distribution de la nourriture, simplement parce que les poussins juniors ne pourraient pas toujours s'accaparer des proies de grande taille. Par conséquent on a aussi prédit que la distribution de la nourriture à l'intérieur des nichées manipulées serait affectée du moment que le poussin de rang élevé prendrait une grande part de la nourriture allouée à la nichée.

## **6.2. Matériel et méthodes**

### **6.2.1. Protocole expérimental**

L'étude expérimentale a été conduite dans deux différents sites et dates: à Ain Azel (Nord de l'Algérie, (Sétif) en 2004 et à Cordoba (Sud de l'Espagne) en 1996 et en 2004. On a manipulé la masse corporelle du poussin le plus lourd dans un échantillon de nichées expérimentales dans une colonie de reproduction de Cigogne blanche dans le Sud de l'Espagne dans le but d'augmenter l'asymétrie dans la taille des poussins des nichées à l'intérieur du rang naturel de l'espèce. (Sibling size asymmetries within the species' natural range). Comme la disponibilité alimentaire et la taille des proies dans la nature changent rapidement, affectées par les facteurs climatiques, l'expérience a été réalisée durant les dix premiers jours du mois de Mai pour éviter la détérioration du milieu par l'effet saison. Cette expérience a été menée avec 15 nichées témoins et 15 expérimentales issues de couvées de quatre et cinq œufs qui ont réussi à retenir trois poussins après éclosion.

Cependant, la réduction naturelle des nichées (natural brood reduction) n'a laissé que 16 nichées convenables parmi lesquelles 7 ont fait l'objet de nichées expérimentales et 9 de nichées témoins. Dans les deux groupes de nichées expérimentales et témoins on a échangé le poussin le plus lourd par un de même poids (pour les nichées témoins) et par un de poids double (pour les nichées expérimentales). Avant l'échange, le poids moyen du poussin le plus léger, du moyen et du poussin le plus lourd (poussin C, B, A ci-dessous) était respectivement de  $281 \pm 45$  g,  $398 \pm 75$  g et  $411 \pm 55$  g (Moy  $\pm$  DS) ils étaient d'un âge de  $11 \pm 2.6$  jours. Dans les nichées expérimentales les poussins A

étaient remplacés par d'autres poussins qui pesaient presque le double ( $975 \pm 152$  g, âge  $17 \pm 5.2$  jours pour le premier poussin éclos).

Dans les nichées témoins les poussins A étaient remplacés par des poussins de masse corporelle similaire (moins de 50 g de différence), le poids après l'échange était de  $251 \pm 39$  g,  $371 \pm 79$  g et  $480 \pm 85$  g respectivement pour les poussins C, B et A.

Les poussins A enlevés des nichées expérimentales ont été momentanément placés dans des nichées de taille presque similaire durant l'expérience. Pour récolter les données concernant la nourriture on a placé à tous les poussins des colliers en plastique au niveau du cou pour empêcher la nourriture de passer de l'oesophage vers l'estomac.

Après qu'un parent ait délivré un repas, on incitait les poussins portant les colliers à régurgiter les proies avalées. On prenait le poids, mesurait la longueur, comptait le nombre et précisait le type de proie, tôt le matin (entre 8h et 10h). L'expérience est réalisée en deux jours, le premier jour avant le changement du poussin A et le deuxième jour après le changement de ce dernier, chaque jour on devait récupérer deux repas. Après que les données aient été recueillies, le collier était enlevé permettant ainsi aux poussins de réingérer les proies normalement.

Dû à la faible taille de l'échantillon en 1996, qui a pour cause les difficultés de trouver des nichées appropriées pour réaliser cette expérience chez la Cigogne blanche (même date de ponte, même taille de ponte, même taille de nichée), on a décidé de reprendre l'expérience du changement du poussin A « exchange experiment » en 2004 en Algérie en suivant le même protocole expérimental décrit ci-dessus.

Comme en 1996, on n'a trouvé aucun effet du changement en soit et comme le seul effet significatif était dû à la présence d'un poussin de plus grande taille (voir résultats). Donc en 2004, on a pris toutes les nichées disponibles ( $N=11$ ) comme nichées expérimentales pour l'expérience du changement de poussin A « exchange experiment ». On a suivi les mêmes critères qu'en 1996 où les nichées étaient composées de trois poussins issues de couvées de quatre ou de cinq oeufs. Les poussins avaient une masse corporelle de  $231 \pm 98$  g,  $368 \pm 65$  g et  $451 \pm 81$  g pour les poussins

C, B et A respectivement et ils étaient âgés de  $12 \pm 3.7$  jours (âge du premier poussin éclos). Les poussins A échangés pesaient  $1066 \pm 110$  g en moyenne.

Dans cette expérience aussi, les poussins A des nichées expérimentales ont été placés dans d'autres nids où les poussins sont de masse similaire au cours de la manipulation. La période de ponte s'est étalée du 10 Mars au 5 Mai en 2004, année de l'expérience.

Pour éviter l'effet saison, l'expérience de l'échange a été réalisée durant les deux premières semaines de Mai.

Dans chaque cas, les poussins échangés provenaient des nichées avoisinantes et après l'expérience tous les poussins sont remis dans leurs nids d'origine. Les parents de la Cigogne blanche acceptent et nourrissent immédiatement chaque poussin qui se trouve dans leur nid. En effet, des poussins de la Cigogne blanche transférés à des nids autres que les leurs ont montré un patron de croissance normal après ce transfert (Tortosa et Redondo 1992).

#### **6.2.2. Paramètres de reproduction observés**

Les données sur la mortalité et le succès de reproduction sont collectées dans trois colonies de reproduction à Ain Azel, dans 34, 35 et 40 nichées, respectivement en 2002, 2003 et 2004. Pour déterminer l'ordre d'éclosion des œufs, les nids sont visités avec un intervalle de 1 à 3 jours suivant l'état des œufs, par la suite les poussins sont marqués individuellement par peinture de couleur aux ongles, permettant ainsi de retrouver l'ordre d'éclosion de ceux – ci et leur âge. Une fois l'éclosion totalement accomplie, les nids sont visités une fois par semaine en moyenne. Si un poussin mort est encore retrouvé dans le nid on détermine l'âge du décès en rapport avec la condition physique du cadavre. Si ce dernier n'est pas dans le nid, on attribut la date du décès à la moitié de la période écoulée depuis la dernière visite.

Le succès de reproduction est défini par le nombre de poussins ayant accompli leur développement et quitter le nid. On a seulement tenu compte des nids où au moins un œuf a éclot.

La pluviométrie moyenne dans la région d'étude est de 276 mm (Période 1938-2005). Durant les années d'étude, la pluviométrie moyenne en 2002 était de 186 mm, en 2003, elle était de 339 mm et en 2004 de 430mm.

La différence de masse corporelle entre les poussins à l'intérieur de la nichée est mesurée par un index d'asymétrie (Bryant 1978) calculé :

$$\frac{(\text{Masse du poussin le plus lourd}) - (\text{Masse du poussin le plus léger})}{\text{Masse moyenne de la nichée}}.$$

Cet index d'asymétrie est calculé dans 26, 33, et 13 nichées respectivement en 2002, 2003 et 2004. Dans ces nichées, le poids des poussins est mesuré tous les 5 jours en moyenne (4-6 jours) depuis l'éclosion jusqu'à l'envol.

L'index d'asymétrie maximal pour chaque année est calculée par la moyenne des valeurs les plus élevées de cet index dans chaque nichée, précisons qu'un index d'asymétrie est calculé pour chaque relevé de poids.

### 6.2.3. Statistiques

Toutes les variables avaient une distribution normale, exception faite pour l'âge du décès qui s'écartait d'une loi gaussienne et a subi une transformation en logarithme.

A fin de voir l'effet de l'expérience du changement du poussin et la masse corporelle par rang de poussin sur la quantité individuelle de nourriture ingérée par chaque poussin **utilisant le code suivant (le poussin le plus lourd rang = 1, l'intermédiaire rang = 2, le plus léger rang = 3)**, on a procédé par une ANOVA factorielle hiérarchique (a factoriel nested ANOVA). Cette analyse est réalisée par le biais du modèle général linéaire (GLM) où le rang du poussin et l'expérience (changement du poussin ou non) sont entrés dans le modèle comme variables indépendantes (categorical factors) et nid comme facteur aléatoire (Random factor) pour éviter la pseudo réplification (en effet, les poussins d'un même nid sont affectés par les mêmes parents). Les résultats sont présentés sous forme de (moyenne  $\pm$  DS).

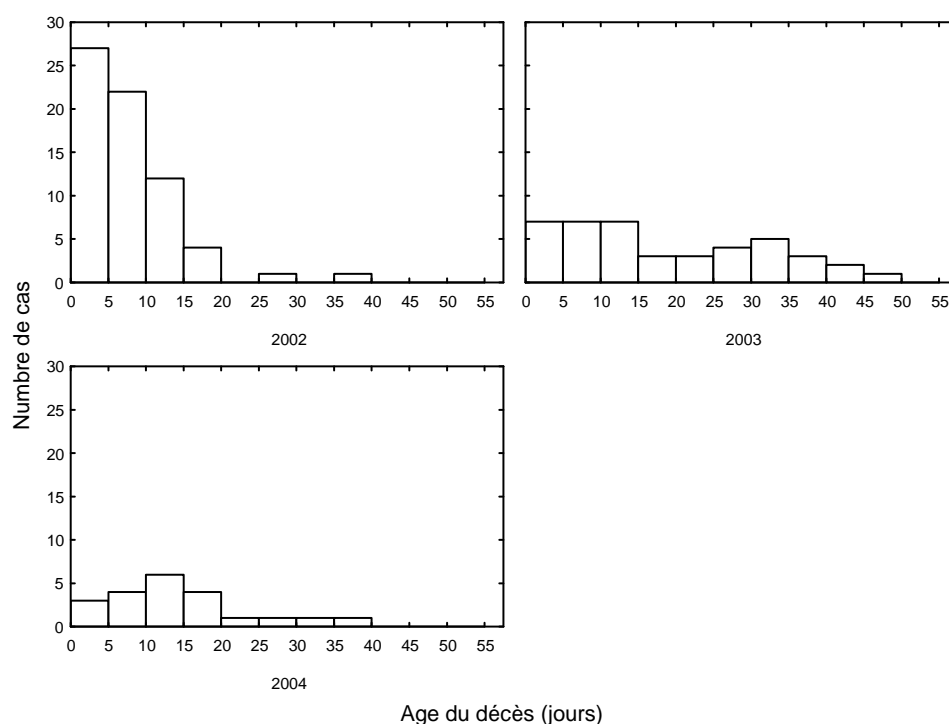
## 6.3. Résultats

### 6.3.1. Mortalité des jeunes poussins par inanition et succès de la reproduction

Dans les nichées non manipulées des colonies algériennes, la réduction de la nichée s'est déroulé plus tôt en 2002 (âge moyen de mortalité  $7,8 \pm 5,9$  jours) qu'en 2003 ( $18,6 \pm 13,5$  jours) ou en 2004 ( $13,9 \pm 9,1$  jours) (ANOVA,  $F_{(2,127)} = 14,1$ ,  $P < 0,001$ ), il n'y a pas de différences entre les années 2003 et 2004 (test de Tukey post hoc

$P > 0,05$ ). La plupart des victimes en 2002 ont trouvé la mort par inanition, très tôt durant les deux premières semaines de vie, alors qu'en 2003 et en 2004, quelques poussins juniors n'ont trouvé la mort que vers leur 40<sup>ème</sup> jour (figure 27). La mortalité est reliée à l'ordre d'éclosion. En effet, le plus grand taux de mortalité est observé chez les poussins derniers éclos (tableau 23). En 2002, tous les poussins éclos en 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> position sont morts et il n'y a que 50% des poussins premiers éclos qui ont survécu jusqu'à l'envol.

Le succès de reproduction en 2002 ( $0,91 \pm 0,17$  poussin par nid) représente moins de la moitié qu'en 2003 ( $2,4 \pm 0,18$  poussin par nid) et en 2004 ( $2,3 \pm 0,12$  poussin par nid) (ANOVA,  $F_{(2,109)} = 25,5$ ,  $P < 0,001$ ) avec pas de différences entre les deux dernières années (test de Tuckey post hoc  $P > 0,05$ ).



**Figure 27.** Nombre de cas de décès à différents âges en 2002, 2003 et 2004.

**Tableau 23.** Pourcentage de survie des poussins dépendant de l'ordre d'éclosion en 2002, 2003 et en 2004.

Ordre d'éclosion	2002 (34 couvées)	2003 (35 couvées)	2004 (40 couvées)
1	50	92	100
2	35	84	93
3	28	50	38
4	0	28	16
5	0	14	0

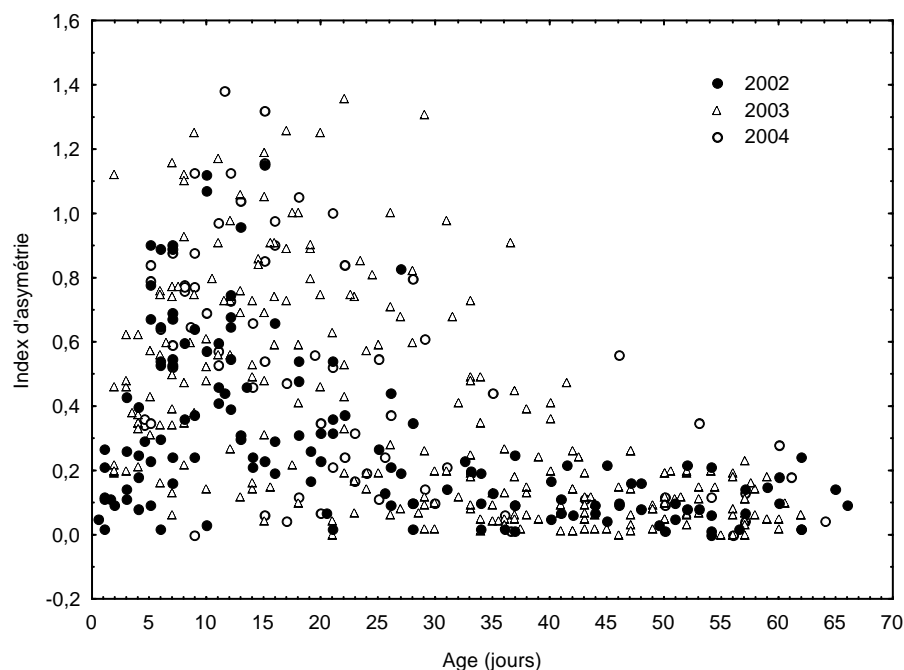
### 6.3.2. Variation dans l'asymétrie des poussins et effet de la mortalité précoce sur ce paramètre.

La masse corporelle des poussins de la nichée augmente après l'éclosion et tend d'atteindre un pic la deuxième ou la troisième semaine après l'éclosion (figure 28). Quand on a sélectionné la valeur la plus élevée de l'index d'asymétrie dans chaque nichée, les valeurs moyennes annuelles ont été de  $0,52 \pm 0,34$ ,  $0,74 \pm 0,29$  et de  $1,03 \pm 0,19$  en 2002, 2003 et en 2004 respectivement (ANOVA  $F_{(2,70)} = 13,6$ ,  $P < 0,001$ ), les différences sont significatives entre les trois années (test de Tukey,  $P < 0,05$ ). Les nichées ont atteint la valeur maximale de l'index d'asymétrie plus rapidement en 2002 (à l'âge de  $8,3 \pm 1,4$  jours), qu'en 2003 ( $12,5 \pm 1,3$  jours) ou en 2004 ( $14,5 \pm 1,9$  jours) (ANOVA  $F_{(2,70)} = 4,1$ ,  $P = 0,02$ ), avec l'année 2002 qui est différente des deux autres années, qui étaient similaires.

En 2002, avec un taux de mortalité plus élevé, l'asymétrie dans les nichées a décliné très tôt puisque la réduction de la nichée a eu lieu durant les dix premiers jours sachant que la mort des poussins derniers éclos réduit l'asymétrie chez les poussins restants de la nichée. En 2003 et en 2004, le faible taux de mortalité et la mort retardée des poussins ont eu pour conséquence que les nichées ont maintenu des valeurs



d'asymétrie élevées du moment que les poussins juniors meurent tardivement ou survivent jusqu'à l'envol.



**Figure 28.** Variation de l'index d'asymétrie de la masse corporelle des poussins de la nichée (voir méthodes) pendant la période d'élevage durant 2002 (symboles fermés), 2003 (triangles ouverts) et 2004 (cercles ouverts).

### 6.3.3. Expérience de l'échange du poussin de rang A

#### 6.3.3.1. Données du Sud de l'Espagne 1996

Les nichées témoins n'ont pas montré de différences significatives pour la quantité individuelle de nourriture consommée avant et après le changement du poussin ( $F_{(1,8)}=0,22$ ,  $P = 0,91$ ). Le contraire est trouvé dans les nichées expérimentales ( $F_{(1,6)} = 17,6$ ,  $P = 0,001$ ) (figure 29).

Le rang du poussin a un effet significatif sur la consommation de nourriture autant dans les nichées témoins ( $F_{(2,16)} = 14,5$ ,  $P = 0,001$ ) que dans les nichées expérimentales ( $F_{(2,12)} = 20,7$ ,  $P = 0,001$ ).

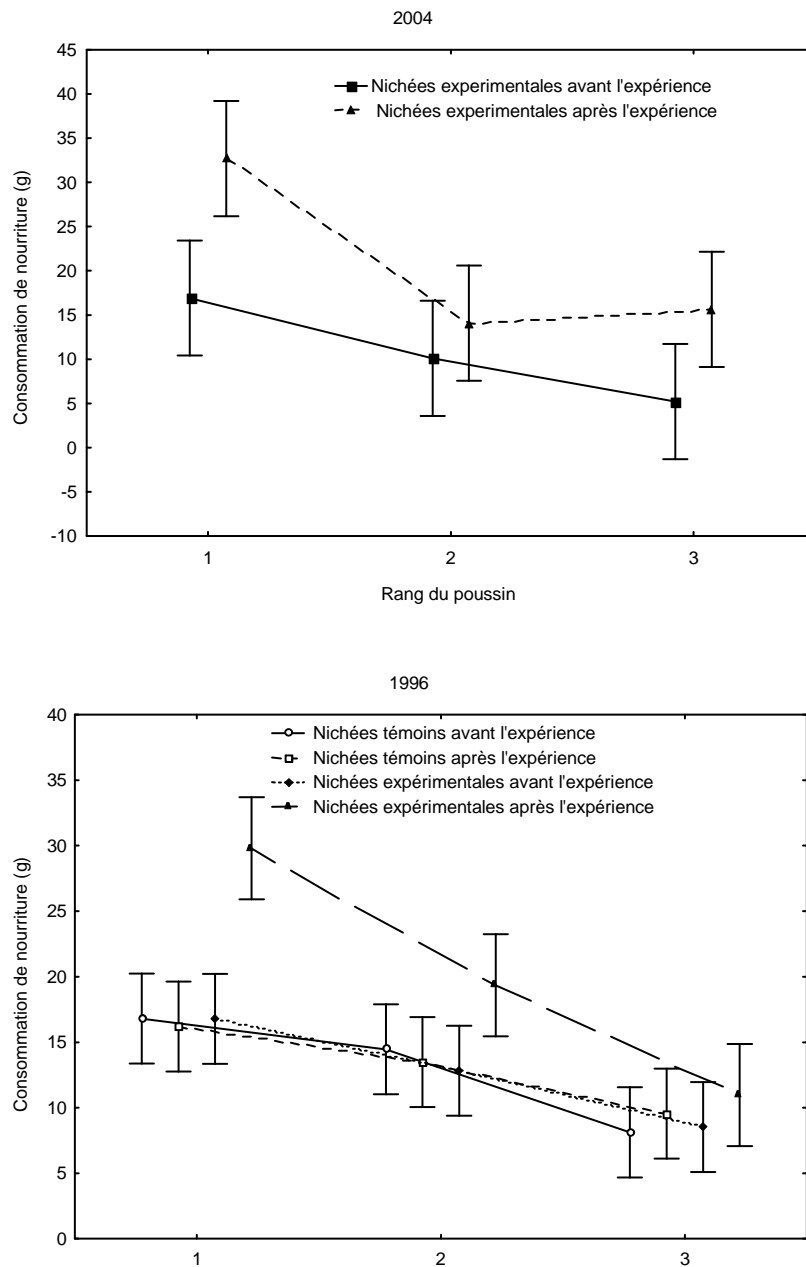
L'interaction entre l'ordre (rang) du poussin et le traitement (expérience du changement) n'est pas significatif dans les nichées témoins mais le contraire s'est

manifesté dans les nichées expérimentales ( $F_{(2,12)} = 3,2$ ,  $P = 0,05$ ). Les parents ont donc augmenté la taille moyenne ainsi que la masse totale délivrées des proies, ceci après que, le poussin senior soit remplacé par un poussin plus gros. On note spécialement que le poids moyen des proies a triplé après le changement (tableau 24).

#### **6.3.3.2. Données de nos colonies (2004)**

Comme on a trouvé en 1996, en 2004 aussi, les parents de la Cigogne blanche dans les nichées expérimentales ont contribué à l'augmentation de la taille des proies et de la masse totale des proies délivrées à la nichée (tableau 24). Le changement expérimental du poussin de rang A avait un effet très significatif sur la quantité individuelle de proies consommées par les poussins ( $F_{(1,10)} = 5,2$ ,  $P = 0,003$ ). Ceci confirme encore le comportement des parents qui augmentent la quantité de nourriture attribuée à la nichée après l'expérience.

La répartition de la nourriture est biaisée car le poussin le plus grand de taille consomme une quantité de nourriture disproportionnelle par rapport aux poussins de sa nichée ( $F_{(2,20)} = 11,2$ ,  $P = 0,001$ ). L'interaction entre le traitement (changement) et l'ordre du poussin est aussi significative ( $F_{(2,20)} = 3,3$ ,  $P = 0,05$ ) puisque les poussins seniors consomment une quantité de nourriture relativement plus élevée après le changement (figure 29).



**Figure 29.** Consommation de nourriture ( $g \pm DS$ ) de chaque poussin dans la nichée avant et après le changement du poussin le plus lourd par un poussin similaire de poids (nichées témoins) ou par un poussin plus lourd (nichées expérimentales) en 1996 et 2004. Rang = 1 pour le poussin le plus lourd de la nichée.

**Tableau 24.** Effets de l'expérience du changement du poussin de rang 1 sur les proies consommées par les poussins dans les nichées témoins (Tém) et les nichées expérimentales (Expér) en 1996 et en 2004. Poids total = poids total des proies consommées par chaque poussin. Moyennes  $\pm$  DS

Année	Avant changement	Après changement	Test t unilatéral
Longueur moyenne des proies			
Expér 2004	5,2 $\pm$ 2,5 cm	7,4 $\pm$ 4,4 cm	$t_{(10)}=2,3$ , P= 0,041
Tém 1996	6,4 $\pm$ 1,2 cm	5,5 $\pm$ 1,4 cm	$t_{(8)}=0,47$ , P= 0,46
Expér 1996	5,8 $\pm$ 2,1 cm	9,7 $\pm$ 6,5 cm	$t_{(6)}= 2$ , P= 0.04
Poids moyen des proies			
Expér 2004	2,7 $\pm$ 1,8 g	10 $\pm$ 12,5 g	$t_{(10)}=1,97$ , P= 0,07
Tém 1996	7,5 $\pm$ 2,5 g	8,1 $\pm$ 5,2 g	$t_{(8)}=0,67$ P= 0,51
Expér 1996	6,8 $\pm$ 5,2 g	20,3 $\pm$ 16 g	$t_{(6)}= 2,8$ , P= 0,03
Poids total			
Expér 2004	30,8 $\pm$ 14,6 g	64 $\pm$ 24,7 g	$t_{(10)}=3,9$ P= 0,002
Tém 1996	42,7 $\pm$ 33,4 g	41,1 $\pm$ 76 g	$t_{(8)}=0,8$ , P= 0,31
Expér 1996	39,2 $\pm$ 31 g	61,2 $\pm$ 25 g	$t_{(6)}= 3,7$ , P= 0,001

#### 6.4. Discussion

De nombreux résultats empiriques de terrain, montrent l'existence d'une corrélation entre la masse des poussins et leur survie ultérieure (Magrath 1991, Gaston 1997, mais voir Amundsen et Slagsvold 1998). Par conséquent, si la qualité d'un individu durant son stade juvénile devrait influencer sa future vie de parent et donc sa valeur adaptative « fitness » on s'attendrait à ce que les parents aient un certain contrôle sur l'allocation de la nourriture dans la nichée.

L'handicap imposé au poussin junior, par l'asynchronisme de l'éclosion explique facilement une inanition rapide du poussin dernier éclot sous des conditions environnementales défavorables, minimisant ainsi le coût de la réduction de la nichée.

Au contraire, quand la nourriture est abondante, les parents devraient laisser l'option ouverte à garder le poussin marginal de la nichée et à surmonter cet handicap d'éclosion en dernière position. Chez les espèces avec des interactions agonistiques entre les jeunes de la nichée, une dominance agressive, hiérarchique est établie et la distribution de la nourriture est en rapport avec la condition physique des poussins (Drummond *et al.* 1986, Anderson 1991).

Quand il n'existe pas d'interactions agressives entre les poussins comme c'est le cas des passereaux, le rang du poussin (ordre dans la nichée) semble être, un bon pronostiqueur pour la distribution de la nourriture et les parents montrent communément, une nette préférence pour les poussins seniors, pas seulement par le comportement des poussins tels que la sollicitation intense des jeunes pour acquérir la nourriture (begging behaviour) mais aussi par le comportement des parents qui manifestent une faveur envers les poussins seniors, basée sur des signaux autre que la sollicitation telle que la taille du corps (Smiseth *et al.* 2003).

Comme il n'existe pas de dominance agressive chez la Cigogne blanche (Redondo *et al.* 1995) et les parents ne nourrissent pas les jeunes individuellement, le contrôle de la réduction de la nichée pourrait être lié au patron de l'asynchronisme d'éclosion. Cependant, nos résultats montrent que les parents de la Cigogne blanche semblent avoir un certain contrôle sur l'allocation de la nourriture à la nichée par sélection de la taille des proies.

Dans nos expériences les parents augmentent la taille moyenne des proies, ce qui favorise le poussin de premier rang mais pas aux dépens de celui du dernier rang. Les expériences du changement du poussin senior sont réalisées dans des conditions climatiques favorables, du moment que dans la région méditerranéenne la pluviométrie est une contrainte environnementale, en effet, il existe une corrélation positive entre la pluviométrie et le succès de reproduction (Moali-Grine *et al.* 2004).

Cependant, il y a des poussins qui meurent par hypothermie durant les périodes de fortes pluies avant de développer leurs habilités de thermorégulation à environ trois semaines d'âge (Tortosa et Castro 2003). En 1996, quand on a conduit l'expérience au Sud de l'Espagne, la pluviométrie était de 530 mm dans la région d'étude, une année de bonne pluviométrie du moment que la moyenne pluviométrique pour la période 1984-2004 était de 390 mm. En 2004, quand la même expérience a été conduite en Algérie, la pluviométrie dans la région de Ain Azel était de 430 mm, considérée comme année

pluvieuse à comparer avec la moyenne de 275 mm pendant la période allant de 1983-2005 (C.M.S. 2005).

Sous ces conditions environnementales favorables, les parents pourraient augmenter la quantité de nourriture allouée aux poussins seniors, au même moment où ils gardent l'option ouverte d'augmenter leur succès de reproduction avec les poussins marginaux, du moment que lorsque les conditions sont favorables, ces derniers peuvent surmonter l'handicap dû à l'éclosion en dernière position (Royle 2000).

Dans des conditions favorables la Cigogne blanche pourrait améliorer son succès de reproduction en procurant de la nourriture aux poussins seniors et aux derniers éclos. Pendant cette année de bonne pluviométrie, nos résultats montrent des asymétries de taille élevées et tardives à l'intérieur des nichées, ceci est la conséquence du développement relativement rapide des poussins seniors au même moment que les poussins juniors sont encore en vie.

Les poussins juniors se développant à un taux faible, atteignent finalement la même masse corporelle que leurs frères seniors, donc l'asymétrie décroît à la fin de la période d'élevage. D'autant plus qu'on sache que les poussins de la Cigogne blanche montrent une grande capacité de récupérer leur poids après une période de manque de nourriture. En effet, les poussins derniers éclos récupèrent leur poids et atteignent une masse asymptotique normale quand ils reçoivent suffisamment de nourriture, après qu'ils soient transférés dans des nichées d'un poussin unique (Tortosa et Redondo 1992).

Les travaux sur le nourrissage sélectif des poussins juniors sont rares, bien que chez certaines espèces, les parents semblent contrôler la distribution de la nourriture entre les jeunes du nid, en nourrissant d'une manière sélective les poussins juniors quand la nourriture est abondante (Stamps *et al.* 1985) ou délivrent de grandes quantités de nourriture aux nichées présentant de grandes asymétries de taille entre les poussins dans le but d'assurer que les plus petits puissent se nourrir (Krebs *et al.* 1999).

Nos résultats soutiennent la théorie de la répartition des ressources (resource allocation theory) (Forbes 1993, Mock et Parker 1997), étant donné que la hiérarchie de la nichée pourrait assurer que les poussins juniors reçoivent des ressources seulement après que les besoins des poussins seniors soient satisfaits. Nos résultats sont aussi en accord avec le modèle de la hiérarchie (hierarchy model) (Parker *et al.* 1989) ou le

modèle de la répartition despotique (the despotic allocation model) (Forbes 1993) qui proposent une répartition des ressources à l'intérieur de la nichée en cascade : une fois les besoins des rejetons principaux « core offspring » sont satisfaits les rejetons marginaux reçoivent le reste de la nourriture sans que cela puisse causer un effet néfaste sur les membres principaux de la nichée.

Dans le même sens, ceci a été aussi proposé par Forbes et Glassey (2000), qui ont trouvé que la présence du rejeton marginal a un effet insignifiant sur le développement des poussins principaux.

En accord avec la théorie de l'investissement parental (parental investment theory), les adultes nicheurs devraient ajuster leur investissement de manière à maximiser leur contribution reproductrice totale (Trivers 1972, Maynard Smith 1977) en satisfaisant beaucoup plus les besoins des poussins les plus âgés, les plus forts ou les poussins de plus haute qualité (Carslisle 1985, Redondo 1989).

Pour favoriser les poussins les plus forts, les parents pourraient maintenir leur effort constant en nourrissant d'une manière sélective les poussins seniors aux dépens des poussins juniors ou alternativement, ils peuvent accroître leur effort de recherche de nourriture. Si l'effort parental augmente, nous pourrions nous trouver devant deux situations, la première est que ce surplus de nourriture pourrait seulement être bénéfique pour les poussins seniors en maintenant la nourriture pour les poussins juniors constante. La deuxième serait que ces derniers éclos pourraient aussi tirer bénéfice de la nourriture supplémentaire, délivrée par les parents.

Nos résultats, montrent que les parents de la Cigogne blanche des nichées expérimentales, ayant eu un poussin senior plus grand de taille, en plus d'accroître la quantité de nourriture fournie aux poussins seniors, ils augmentent aussi la quantité totale délivrée à la nichée.

La Cigogne blanche est une espèce longévive, par conséquent, les parents doivent agir d'une façon prudente, du moment que la théorie de l'investissement parentale prédit que si les parents augmentent leur effort dans la nichée actuelle, l'effort supplémentaire pourrait être fait aux dépens du futur succès de reproduction (Drent et Dann 1980), par conséquent cet investissement se mesure en effet négatif sur la valeur reproductrice résiduelle des parents (Réale 1997).

En accord avec cette stratégie, il a été démontré que les parents de la Cigogne blanche favorisent leur propre survie contre le nombre de poussins qu'ils pourraient élever (Sasvari et Hegyi 2001). Cependant, une valeur plus élevée de la nichée actuelle (high value current brood) pourrait stimuler les parents à investir plus. La preuve d'un effort parental plus élevé dans des nichées qui ont plus de valeur (more valuable broods) a été démontré chez d'autres espèces d'oiseaux, en effet, les parents de la Mésange charbonnière semblent capables d'ajuster leur comportement de la défense du nid à la valeur adaptative espérée de leurs rejetons (expected fitness value of their offspring) (Rytönen 2002).

Dans le même sens, les femelles du Canard colvert ajustent leurs soins parentaux (parental care) aux bénéfices espérés de la progéniture actuelle en peaufinant leur niveau de soins parentaux en fonction des perspectives de développement et de survie de leur jeunes au fur et à mesure qu'ils grandissent (Ackerman et Eadie 2003).

Dans notre expérience, on a augmenté la taille des poussins les plus âgés ce qui pourrait produire une stimulation positive aux parents due à la valeur plus élevée de leur « nouvelle » nichée (higher value of their “new” brood).

Si les parents sont sensibles d'une manière positive à la taille des poussins, ces derniers pourraient bénéficier en s'installant dans les nichées voisines contenant des poussins plus jeunes. L'échange des poussins entre les nids (nest switching) est connu chez les poussins de la Cigogne blanche qui abandonnent leurs nids d'origine avant l'indépendance dans les colonies de reproduction denses (Redondo *et al.* 1995).

Ces poussins qui abandonnent leurs nichées vont vers des nids contenant un nombre moindre et des poussins plus jeunes que ceux de leurs nids d'origine où ils augmentent leur quantité de nourriture comparée à celle consommée dans leurs nids. Redondo *et al.* (1995) ont montré que les parents adoptifs tendent à augmenter leur effort de recherche alimentaire, après avoir reçu un poussin supplémentaire plus grand comme il a été trouvé dans le présent travail.

Quand les parents adoptifs reçoivent un poussin, ils se trouvent devant une nouvelle situation avec à la fois une nichée plus grande de taille et un poussin plus grand. D'autre part, comme le phénomène de l'ajustement de la quantité de nourriture à la taille de la nichée est un patron très répandu chez les oiseaux (Ploger 1997) tel qu'il a



été trouvé chez la Cigogne blanche qui augmente l'effort de nourrissage dans les nichées de plus grande taille (Tortosa et Redondo 1992). Donc il semble que les parents soient sensibles à la fois à la taille de la nichée (nombre) et celle des poussins.

Du moment que les poussins de la Cigogne blanche ne sont pas agressifs et les poussins seniors ne peuvent pas monopoliser la nourriture en accédant directement à cette dernière au moment de la distribution, tel que c'est le cas chez les espèces qui nourrissent leurs poussins individuellement, il a été proposé que le processus d'élimination du poussin le plus faible chez la Cigogne blanche est très inefficace et ceci à son tour, a favorisé l'infanticide parental utilisé par les parents comme un moyen d'élimination du surplus des poussins (Zielinski 2002).

Cependant, nos résultats suggèrent que le manque de monopolisation pourrait être actuellement une conséquence directe d'un control parental sur la réduction de la nichée car les parents allouent plus de proies quand ils sont face à des poussins plus grands de taille, ce qui n'a pas conduit à la monopolisation par les poussins seniors en cette année de bonnes conditions environnementales mais qui pourrait désavantager les poussins juniors en périodes de faibles disponibilités alimentaires.

On conclut donc que les parents de la Cigogne blanche pourraient maintenir un niveau de contrôle sur la répartition de la nourriture et par conséquent la réduction ultérieure de la nichée malgré l'utilisation de méthodes indirectes pour le nourrissage des jeunes. L'augmentation relative de la consommation de nourriture par le poussin senior n'a pas affecté leurs frères plus jeunes et donc ceci n'est pas un cas de favoritisme, au moins, pas sous des conditions environnementales favorables. Cependant, on prévoit qu'à des périodes de mauvaises conditions où la nourriture vient à manquer, les parents de la Cigogne blanche optimiseraient leur effort de recherche de nourriture en sélectionnant des proies de plus grande taille qui nécessitent un coût énergétique plus faible, ce qui peut stimuler passivement la réduction de la nichée (Tortosa et Redondo 1992).

## *Chapitre 7*

### *Infanticide parental*

## 7.1. Introduction

L'incertitude écologique rend souvent difficile la prédiction de la taille optimale de la famille.

Une solution à ce problème est de produire initialement un nombre élevé de jeunes (engendrant ainsi une taille de ponte optimiste) et que par la suite le surplus de jeunes sera éliminé via le phénomène adaptatif de la réduction de la nichée en fonction des conditions écologiques subséquentes (Forbes 1993).

La réduction de la nichée (brood reduction), définie par la mort d'une fraction de cette dernière est un trait commun chez plusieurs espèces d'oiseaux (O'Connor 1978, Magrath 1990, Mock et Parker 1997), cette réduction causée par les membres restants de la famille, dont les rôles sont jusqu'à lors l'objet de beaucoup de recherches depuis Lack (1947, 1954) qui a émis l'hypothèse prédisant que les parents des oiseaux produiraient plus de rejetons qu'ils ne puissent normalement élever comme une couverture contre l'incertitude écologique. Et puis, le commencement de l'incubation avant la fin de la ponte qui va aboutir à une éclosion asynchrone, donnerait aux parents une plus grande flexibilité face à des conditions environnementales défavorables imprévisibles durant l'élevage des jeunes (Clark et Wilson 1981). En effet, le décalage dans la naissance des poussins réduirait la compétition entre les jeunes à l'intérieur de la nichée (Hahn 1981) et étalerait la durée d'élevage de ces derniers, diminuant ainsi la demande énergétique journalière pour les parents. De plus, lorsque les ressources alimentaires sont insuffisantes, une éclosion étalée sur quelques jours aiderait à réduire la taille de la nichée par la mort des derniers oisillons éclos, plus petits et donc moins aptes à s'emparer de la nourriture apportée par le parent (Mock et Parker 1986).

Au contraire quand les conditions écologiques sont favorables, la couvée entière pourrait être élevée et sa réduction ne serait que pure perte. Plus tard, les auteurs ont traité la réduction de la nichée sous un point de vue évolutif, nous citons par exemple le travail d'O'Connor (1978) qui a avancé l'explication de valeur adaptative globale (an inclusive fitness explanation) à ce phénomène, émanant du concept d'Hamilton (1964). O'Connor (1978), définit un conflit entre parent et jeune pour la réduction de la nichée, donnant, par la même occasion, une explication évolutive nouvelle aux phénomènes d'infanticide et de fratricide. Par la suite la réduction de la nichée a été développée sous cette dimension éco-éthologique : le conflit parent-jeune et son impact sur cette dernière et qui reste toujours pas assez expliquée (Mock et Forbes 1992, Forbes 1993, Nilsson 1995, Mock et Parker 1997).

D'un autre côté, l'information sur les conditions écologiques à venir et son impact sur la réduction de la nichée a été traitée par Forbes et Mock (1996).

Le terme « Infanticide » veut dire tuer un jeune de sa propre espèce par un adulte. L'infanticide chez les oiseaux pourrait être plus commun et plus facile à observer que chez d'autres vertébrés terrestres (Mock 1984 a).

L'une des hypothèses les plus répandues, pour expliquer ce comportement suppose que cet acte pourrait être pratiqué par les adultes en dehors des parents, (non parental adults) (Hrdy 1979) dans lequel c'est le nouveau partenaire que soit mâle ou femelle qui tue les jeunes du précédent résident. Dans ce cas l'infanticide est clairement un phénomène adaptatif puisque les individus adultes qui remplacent un précédent résident et tuent les poussins de la nichée, obtiennent une opportunité de reproduction. Ce type de comportement a été observé chez les Passeriformes (Bańbura et Zieliński 1995) et chez les non-Passeriformes (Fujioka 1986, Macedo *et al.* 2001).

Comme autre cause de ce phénomène d'infanticide, les auteurs proposent l'avantage par cannibalisme des victimes dont ils se nourrissent (Kovacs et Lydersen 1996).

D'un point de vue adaptatif, une situation intrigante est celle où les parents tuent leur propres rejetons (offspring) ou « Infanticide parental » du moment qu'en agissant de la sorte, les parents pourraient diminuer leur succès de reproduction.

L'infanticide parental peut servir l'efficacité biologique (fitness) des parents (Mock 1984 a), et pourrait sauvegarder les ressources énergétiques autrement perdus par un poussin de moindre qualité qui probablement ne pourrait pas survivre, ces ressources sauvegardées après l'infanticide pourraient améliorer la probabilité du succès d'envol par les membres survivants de la nichée (Mock et Parker 1997). D'un autre côté, un effort de reproduction élevé durant la période d'élevage pourrait avoir des effets néfastes sur l'espérance de vie des adultes (Nur 1988). Néanmoins, la fréquence de ce phénomène est très faible par conséquent, la rareté d'un tel évènement rend le calcul de la balance des coûts et bénéfices plus difficile et l'infanticide parental reste encore un comportement en puzzle (puzzling behaviour) pour les chercheurs en étho-écologie. (Zielinski 2002) et se doit donc, encore beaucoup d'investigations.

Les parents de la Cigogne blanche réduisent la taille de leur nichée occasionnellement activement par eux même au lieu d'attendre la mort des poussins de moindre qualité arriver plus tard par le biais de la compétition entre les poussins de la nichée. Cette élimination se fait soit par le rejet des œufs du nid ou bien en tuant et

consommant les cadavres ou alors par le rejet des poussins mourants du nid (Schüz 1957, Borowski 1963 ; Meybohm et Fiedler 1983, Jakubiec 1991 ; Tortosa et Redondo 1992).

La Cigogne blanche est une espèce connue pour son comportement non agressif entre les jeunes du nid et au lieu de se battre pour la nourriture qu'ils ne peuvent pas monopoliser, les poussins consomment tout simplement aussi vite que possible, le bol alimentaire que les parents régurgitent au milieu du plancher du nid. Du point de vue de Lamey et Mock (1991) à propos de la réduction de la nichée d'une façon non agressive, cette dernière pourrait arriver dans plusieurs cas parmi lesquels la non monopolisation des items de proie et la délivrance indirecte des proies par les parents aux rejetons où se range la Cigogne blanche avec un comportement non agressif des poussins et une attribution indirecte de l'alimentation.

Tortosa et Redondo (1992) ont évoqué l'hypothèse que si les poussins ne concourent pas pour la nourriture d'une manière agressive, les parents se trouveraient face à la situation d'éliminer le surplus de poussins par eux même. Cependant, dans la présente étude (chapitre 6), on a conclut que les parents pourraient avoir un niveau de contrôle sur la distribution de la nourriture et la subséquente réduction de la nichée malgré l'utilisation de méthodes indirectes dans le nourrissage des jeunes, ceci en sélectionnant la taille des proies, mais la condition reste que les conditions environnementales soient bonnes.

Le but de ce travail est de présenter les données sur l'infanticide parental, voir son impact sur les paramètres de reproduction et discuter les niveaux de contrôle parental de la Cigogne blanche sur ce phénomène, spécialement sous de mauvaises conditions environnementales comme c'était le cas en 2002 dans la région de Ain Azel.

Nous allons aussi discuter nos résultats avec les différentes hypothèses émises pour expliquer l'acte de l'infanticide en soit avec les différents auteurs et essayer de dégager une valeur adaptative de la réduction de la nichée via le phénomène de l'infanticide parental et l'intérêt dont tirent les parents dans leur reproduction.

## **7.2. Méthodes**

Les données sur les paramètres de reproduction de la Cigogne blanche sont collectées au niveau de 135 nids au total avec 43 nids durant l'année 2002, et l'année 2004 et 49 nids en 2003, dans les trois colonies de reproduction de Ain Azel.

Les nids sont visités tous les deux à trois jours depuis le début de la ponte jusqu'à la fin de cette dernière à fin de suivre la chronologie de l'ordre de ponte et déterminer la taille de celle-ci. Après que l'incubation avait commencé, les nids n'étaient plus visités jusqu'à la date supposée d'éclosion, qui est d'un mois après le commencement de l'incubation.

A partir de l'éclosion les visites au nid reprennent avec un intervalle de 1 à 3 jours suivant l'état des œufs (œufs picorés ou non), à fin de suivre l'ordre d'éclosion des poussins, prendre leur poids à la naissance et les marquer avec une peinture de couleur aux ongles pour distinguer leur ordre d'éclosion et déterminer la taille de la nichée.

La dynamique de croissance des poussins a été suivie de l'éclosion à l'envol et les données sont recueillies tous les 5 jours (rang 4-6jours), nous n'avons utilisé que le poids final lors de ce chapitre.

Le succès de reproduction est défini comme étant le nombre de poussins qui arrivent à accomplir un développement normal et quittent le nid.

Les observations directes des actes d'infanticide sont faites par nous même ou par l'assistant de terrain qui habite sur place ou par les riverains qui habitent à proximité des colonies. Ces observations sont surtout concentrées au cours des trois premières semaines d'âge à chaque fois qu'il y a un début d'éclosion dans un nid.

Ces visites après l'éclosion ne semblent pas affecter le succès reproducteur comme a trouvé Tortosa (1992) et tel que a été trouvé dans d'autres Ciconiiformes, que la présence du chercheur ne parait pas affecter la reproduction si les visites sont effectuées à la fin de l'incubation ou pendant la phase d'élevage (Frederick et Collopy (1989).

Au contraire le succès de reproduction était plus élevé dans les nichées manipulées qui a pour cause la libération des poussins des attachements et étranglements par les fils apportées aux nids par les adultes. Dans notre cas, nous avons libéré les poussins d'âge précoce à plusieurs reprises de l'étranglement provoqué par les intestins du poulet qui font l'objet de nourriture à ces derniers.

### **7.2.1. Traitements statistiques**

Toutes les variables étudiées ont une distribution normale et par conséquent on a adopté des statistiques paramétriques.

Pour comparer les paramètres de reproduction entre les couples infanticides et non infanticides, on a utilisé un test t unilatéral (t test independent by groups ), où les nids utilisés comme témoins sont les nids avec le même rang de taille de ponte que les nids à infanticide, dans notre cas les pontes de rang (3-5 œufs), et comme la taille de ponte est affectée par la date de ponte on a seulement utilisé les nids avec le même rang de date de ponte que les nids à infanticide. Pour ces comparaisons, on n'a utilisé que les données 2002 vu le nombre de cas d'infanticide faible au cours des autres années. Afin de voir l'effet de l'acte de l'infanticide en soit et l'ordre d'éclosion du poussin sur la masse corporelle à l'envol et trouver les effets interactifs de ces variables indépendantes nous avons procédé par une ANOVA factorielle (factorial ANOVA) avec infanticide et ordre d'éclosion comme facteurs indépendants. Les traitements statistiques sont réalisés par le biais du programme Statistica version 6.0.

La dynamique de croissance des poussins sujets à l'infanticide est exprimée en pourcentage du poids initial à l'éclosion et elle est calculée par :

$$\Delta \text{ Masse du Poussin tué} = \frac{\text{Pds à l'infanticide} - \text{Pds initial (à l'éclosion)}}{\text{Pds à l'infanticide}} * 100$$

**Δ Masse du Poussin tué:** (taux de croissance de la naissance à l'infanticide).

**Pds :** poids.

### 7.3. Résultats

#### 7.3.1. Cas assistés d'infanticide parental chez la Cigogne blanche

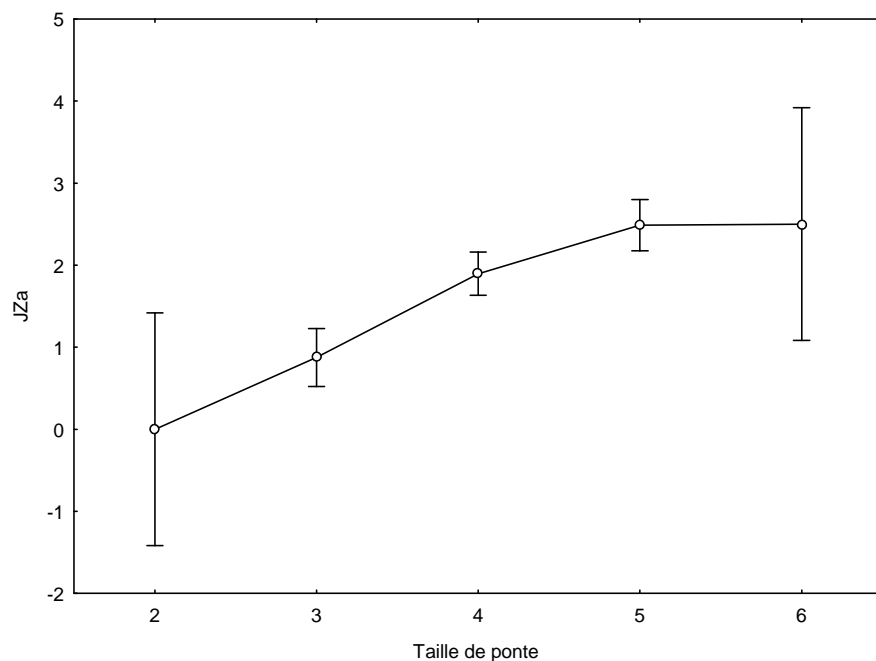
On a eu la chance d'assister à douze cas d'infanticide parental avec parfois deux cas par nid au cours des trois saisons de reproduction 2002, 2003 et 2004, comme ce phénomène est rare à observer, (10 cas en 2002, 1 en 2003 et 1 en 2004). Les parents de la Cigogne blanche sont observés tuer les poussins en les tenant du cou par leur bec et les secouant violemment, les poussins alors meurent en conséquence aussi tôt et puis ils sont rejetés par les parents hors du nid. Quelques fois, les poussins étaient encore en vie et quand on a essayé de les rendre au nid à plusieurs reprises, le mâle plus précisément les rejette encore. Dans 7 nids sur 12, les poussins portaient des blessures mais aucun cas de cannibalisme n'a été observé.

#### 7.3.2. Paramètres de reproduction en fonction de la taille de ponte et de la nichée.

Le succès de reproduction augmente en fonction de la taille de ponte et les résultats sont significatifs autant pour le nombre moyen de jeunes par taille de ponte,

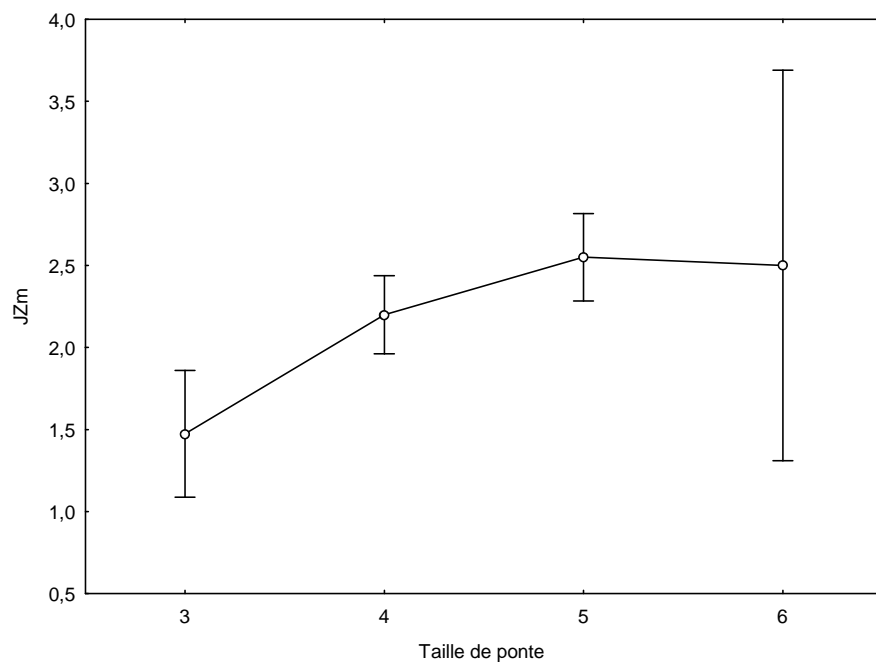
tous les couples compris (ANOVA,  $F_{(4,130)} = 13,31$ ,  $P = 0,000001$ ) ou pour les couples ayant réussi leur reproduction (ANOVA,  $F_{(4, 105)} = 8,95$ ,  $P = 0,00002$ ), (figures 30 et 31). Le nombre de couples infanticides augmente aussi avec la taille de ponte et la plupart des victimes proviennent des tailles de ponte de 4 et 5 œufs (tableau 25).

La masse corporelle des poussins à l'envol et la durée de la période juvénile ne sont pas affectées par la taille de la nichée pour les résultats des trois saisons de reproduction (2002-2003 et 2004) ensemble, aussi le facteur, ordre d'éclosion des poussins n'a pas eu d'effet sur la masse corporelle à l'envol aussi bien pour les résultats des trois années ainsi que ceux année par année (tableau 25).



**Figure 30.** Variation du nombre moyen de jeunes par couple (JZa) par taille de ponte.





**Figure 31.** Variation du nombre moyen de jeunes par couple (JZm) ayant réussi leur reproduction par taille de pont.

**Tableau 25.** Paramètres de reproduction chez la Cigogne blanche (Moyenne  $\pm$  DS) selon la taille de ponte et de la nichée pendant les saisons de reproduction 2002, 2003 et 2004. M.C.E. masse corporelle à l'envol. JZa : Nombre moyen de jeunes par couple. JZm : Nombre moyen de jeunes par couple ayant réussi leur reproduction. M.C.E : M

	Taille de ponte					Statistiques
	2	3	4	5	6	
Nombre de couvées	2	32	58	41	2	
JZa par taille de ponte	0	0,87 $\pm$ 0,83	1,89 $\pm$ 1,07	2,51 $\pm$ 1,07	2,5 $\pm$ 0,7	$F_{(4,130)} = 13,31$ , $p = 0,000001$
JZm par taille de ponte		1,47 $\pm$ 0,51	2,24 $\pm$ 0,75	2,61 $\pm$ 0,93	2,5 $\pm$ 0,7	$F_{(3,105)} = 8,93$ , $p = 0,00002$
Nombre de couples infanticides	0	2	3	4	1	
	Taille de la nichée					
	1	2	3	4	5	
Nombre de nichées	8	24	14	5	1	
M.C.E. (g) (2002-2004)	3268 $\pm$ 546	3339 $\pm$ 306	3632 $\pm$ 359	3556 $\pm$ 588	3200	$F_{(4,47)} = 1,78$ , $p = 0,147$
Période juvenile (j)	55,43 $\pm$ 2,52	58,08 $\pm$ 3,88	58,82 $\pm$ 3,76	57,25 $\pm$ 3,60	60,5 $\pm$	$F_{(4,48)} = 1,31$ , $p = 0,27$
Ordre d'éclosion du poussin						
	1	2	3	4	5	
M.C.E. (g) (2002-2004)	3425 $\pm$ 406 (52)	3327 $\pm$ 334 (44)	3380 $\pm$ 359 (20)	3467 $\pm$ 316 (6)	2960	$F_{(4,118)} = 0,82$ , $p = 0,51$
M.C.E (g) (2004)	3520 $\pm$ 318 (6)	3516 $\pm$ 437 (6)	3312 $\pm$ 460 (2)			$F_{(2,11)} = 0,24$ , $p = 0,79$
M.C.E. (g) (2003)	3378 $\pm$ 380 (30)	3275 $\pm$ 336 (27)	3340 $\pm$ 391 (14)	3467 $\pm$ 316 (6)	2960	$F_{(4,73)} = 0,75$ , $p = 0,55$
M. C. E (g) (2002)	3479 $\pm$ 486 (16)	3354 $\pm$ 249 (11)	3554 $\pm$ 1754 (4)			$F_{(2,28)} = 0,51$ , $p = 0,60$

M.C.E. Masse corporelle à l'envol.

### **7.3.3. Comparaisons des paramètres de reproduction entre les couples infanticides et les couples non infanticides**

Dans le but de savoir si l'infanticide est en relation avec la qualité des parents, nous avons comparé les paramètres de reproduction entre le groupe des couples infanticides et ceux non infanticides en utilisant un t-test (for independent samples by groups) pour échantillons indépendants par groupes. La taille de ponte, le succès de reproduction, la date de ponte, la masse corporelle à l'envol, la durée (période) juvénile ne présentent aucune différence significative entre les deux groupes d'oiseaux, ce qui montre que l'acte de l'infanticide n'est pas commis rien que par des parents de moindre qualité (lower quality parents), ceux faisant de petites pontes ou nichant tardivement dans la saison (tableau 26).

Par contre, au moment où les poussins étaient attaqués par les parents (avant l'âge de 16 jours), ces couples de Cigogne blanche infanticides s'occupaient de nichées de taille plus grandes ( $3,75 \pm 0,88$ ,  $N = 8$ ) que les couples non infanticides ( $2,57 \pm 0,96$ ,  $N = 19$ ) avec des différences significatives ( $t = 2,95$ ,  $P = 0,006$ ). Donc l'infanticide survient dans les nichées de plus grande taille.

**Tableau 26.** Comparaison des paramètres de reproduction entre les couples infanticides et les couples non infanticides chez la Cigogne blanche en 2002. M.C.E. masse corporelle à l'envol.

paramètres de reproduction	Couples infanticides			Couples non infanticides			Statistiques
	Moyenne ± SD (N)			Moyenne ± SD (N)			
Taille de ponte	4,37 ± 0,74 (8)			3,91 ± 0,95 (23)			t = 1,24, p= 0,22
Succès de reproduction	1,50 ± 1,19 (8)			1,04 ± 1,12 (24)			t = 0,98, p= 0,33
Date de ponte	84,82 ± 4,98 (8)			87,3 ± 7,25 (23)			t = -0,96, p= 0,34
M.C.E	3508 ± 370 (11)			3409 ± 462 (20)			t = 0,67, p= 0,50
Période juvénile	58,95 ± 4,67 (11)			59,2 ± 4,62 (20)			t = -0,14, p= 0,88
Taille de la nichée (age 1-16 jours)	3,75 ± 0,88 (8)			2,57 ± 0,96 (19)			t = 2,95, p=0.006
Ordre d'éclosion du poussin							
	1	2	3	1	2	3	
Masse corporelle à l'envol	3678 ± 466 (5)	3314 ± 214 (4)	3471 ± 253 (2)	3389 ± 489 (11)	3376 ± 281 (7)	3637 ± 32 (2)	F(2,25)= 0,82, p= 0,45

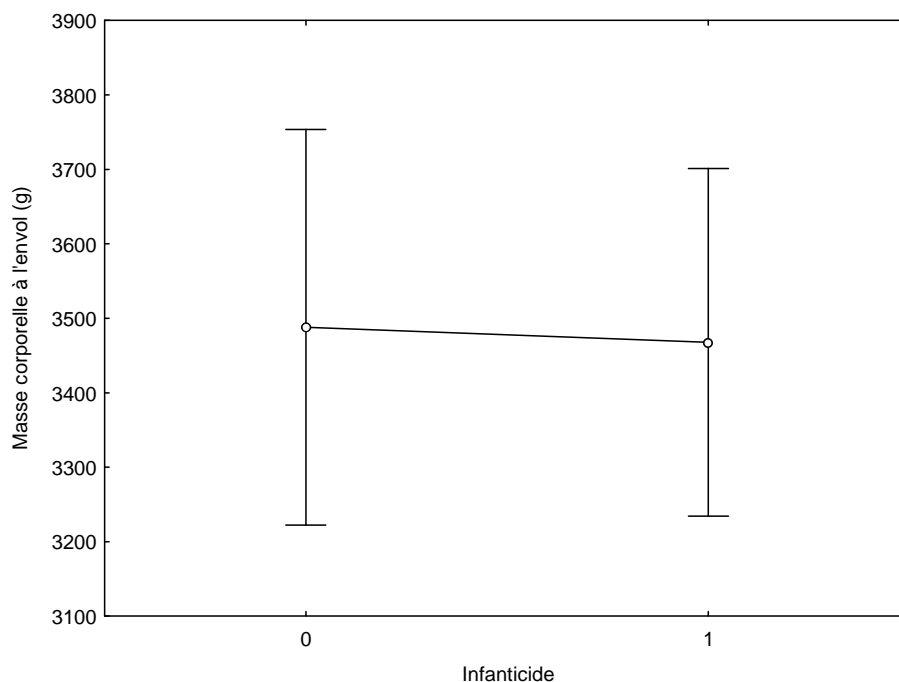
#### 7.3.4. Effet du phénomène de l'infanticide sur la masse corporelle des poussins à l'envol

Pour voir l'impact de l'infanticide parental sur le poids des poussins à l'envol et l'éventuelle interaction entre ce phénomène et l'ordre d'éclosion, nous avons procédé par une ANOVA factorielle où la masse corporelle à l'envol est entrée dans l'analyse

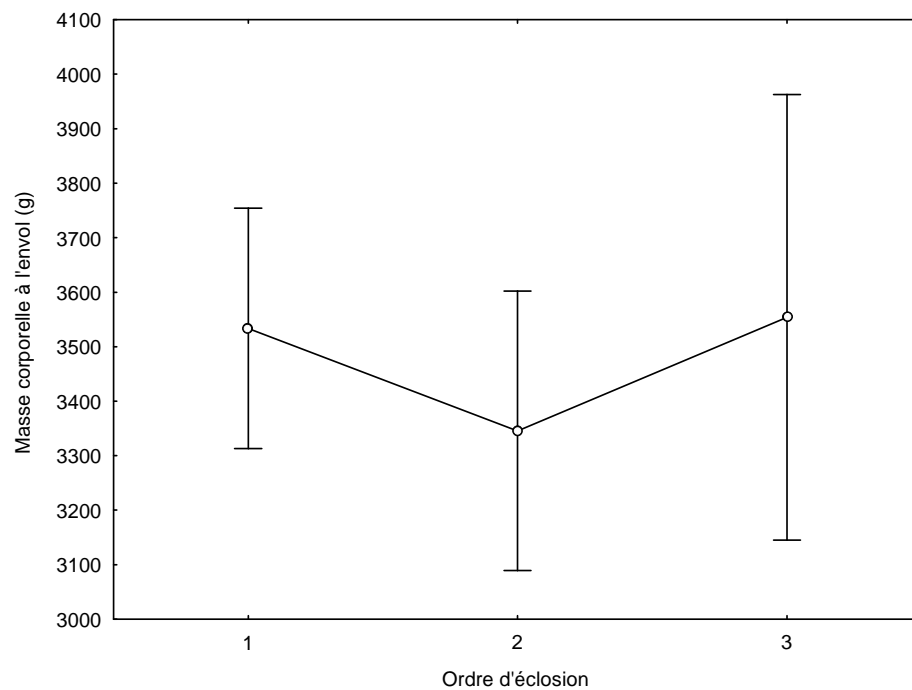
comme variable dépendante, l'infanticide et l'ordre d'éclosion comme facteurs indépendants.

Les résultats n'ont pas donné d'impact du facteur infanticide en soit sur le poids à l'envol des poussins (ANOVA,  $F_{(1,25)} = 0,013$ ,  $P = 0,90$ ) (figure 32).

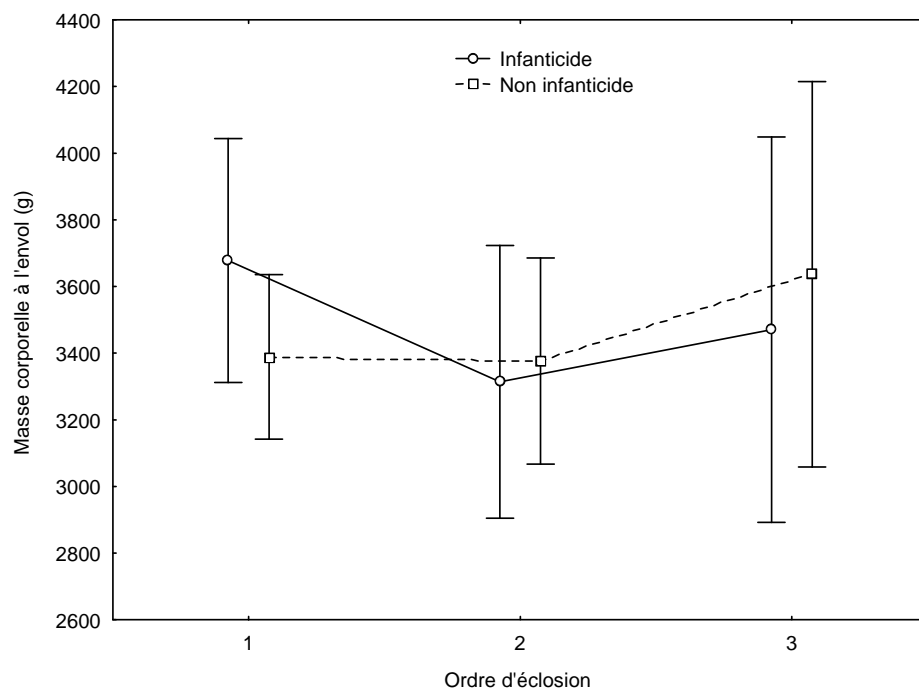
La masse corporelle à l'envol entre les poussins issues des nichées à infanticides et de celles à non infanticides n'est pas affecté par l'ordre d'éclosion (ANOVA,  $F_{(2,25)} = 0,76$ ,  $P = 0,47$ ) (figure 33), ce qui explique qu'il n'y a pas de différences entre les premiers éclos et ceux éclos en dernières positions. L'interaction entre l'ordre d'éclosion et l'infanticide n'est également pas significative (ANOVA,  $F_{(2,25)} = 0,82$ ,  $P = 0,45$ ) (figure 34), ce qui montre qu'il n'y a pas de différences dans la masse corporelle à l'envol entre les poussins des différents ordres d'éclosion ni dans le groupe des couples infanticides ni dans celui des non infanticides.



**Figure 32.** Masse corporelle à l'envol des poussins issus des nichées à infanticide et à non infanticide pendant la saison de reproduction 2002. Couples infanticides = 0 Couples non infanticides = 1.



**Figure 33.** Variation de la masse corporelle à l'envol par ordre d'éclosion des poussins pendant la saison de reproduction 2002. Ordre d'éclosion = 1 pour le poussin premier éclot dans la nichée.



**Figure 34.** Interaction entre l'ordre d'éclosion et l'infanticide pendant la saison de reproduction 2002. Ordre d'éclosion = 1 pour le poussin premier écloit dans la nichée.

### 7.3.5. Dynamique de croissance des poussins de la Cigogne blanche dans les nichées à infanticide

Dans tous les nids sujets d'infanticide, tous les poussins victimes étaient les poussins les plus faibles de la nichée, ils se développaient fréquemment à des taux très faibles au cours des jours précédant leur élimination par rapport aux autres poussins de leur nichée, on a eu 2 cas qui ont montré un taux nul de croissance, 2 cas de croissance négative et 6 autres cas qui ont été tués par leurs parents pendant la période de croissance réduite (tableau 27).

**Tableau 27.** Dynamique de croissance des poussins de la Cigogne blanche exprimée en pourcentage du poids à l'éclosion dans huit nichées dans lesquelles les parents ont tué un poussin (marqué par un astérix) pendant les saisons de reproduction 2002, 2003 et 2004.

Ordre d'éclosion	Age du premier poussin éclopé							
	5	7	9	10	10	11	12	12
1	108	78	161	282	192	295	433	280
2	145	71	143	318	318	300	537	331
3	*0	*25	113	310	*7	192	416	365
4		*0	*31	73		119	*57	*-14
5				*16		*-36	*5	

### 7.3.6. Poids des poussins à l'infanticide, âge de l'attaque et sexe des parents infanticides

Le poids moyen des poussins au moment de l'attaque est significativement plus petit que celui des poussins survivants de la nichée ( $t = 3,97$ ,  $p = 0.000027$ ) (tableau 28).

L'âge auquel l'agression fatale a eu lieu en 2002 est ( $6,25 \pm 3,93$  jours,  $n = 12$ ) avec un rang de 1,5 à 16 jours.

10 cas sur 12, soit 83% sont issus du dernier œuf éclopé, 2 cas soit 16,7% sont issus du second œuf éclopé. 9 cas sur 12 soit 75% des victimes ont été tués par les mâles, pour les trois autres cas le sexe n'a pas pu être déterminé.



**Tableau 28** Comparaison du poids entre les poussins victimes d'infanticide et les survivants de la même nichée au moment de l'attaque.

	Poussins tués	Poussins survivants	t	P
Poids moyen des poussins (age 1-16 jours)	97,38± 46,7 (12)	217,91± 100,21 (31)	3,97	0,00027

## 7.4. Discussion

### 7.4.1. Cas assistés d'infanticide parental de la Cigogne blanche, comparaisons des paramètres de reproduction entre les couples infanticides et les couples non infanticides et effet de ce phénomène sur la masse corporelle à l'envol.

La fréquence de l'infanticide parental varie suivant les années comme on a trouvé dans cette étude où la plupart des cas ont été enregistrés en 2002. De même dans une population espagnole de Cigogne blanche, Tortosa et Redondo (1992), par le suivi continu du comportement d'adultes bagués de cet oiseau ont enregistré un cas d'infanticide parmi les 14 nids suivis en 1987 et deux nids parmi les 14 suivis en 1989 et six cas en 1990 parmi les 23 nids suivis. Le comportement de l'infanticide a aussi été observé dans différentes régions de l'aire de distribution de la Cigogne blanche (Espagne, Allemagne, Pologne), au cours de différentes années dans des nids d'oiseaux nicheurs solitaires et d'oiseaux coloniaux avec des fréquences variables selon les années et les régions (Schüz 1957, Borowski 1963 ; Meybohm et Fiedler 1983, Jakubiec 1991 ; Tortosa et Redondo 1992).

Dans notre étude, les couvées les plus productives sont celles de 4, 5 et 6 œufs, malgré le fait que c'est dans ces couvées que certains poussins sont morts par infanticide ou inanition, d'après nos résultats (83% des poussins tués sont issus du dernier œuf éclos), ce fait entraînerait un coût énergétique pour les parents d'incuber une couvée assez grande qui pourrait être ultérieurement réduite par la mort sélective de certains poussins. Aucune relation n'est observée entre l'infanticide et la qualité des parents vu les résultats comparatifs non significatifs, concernant la taille de ponte, le succès de

reproduction, la date de ponte entre les couples infanticides et non infanticides. En effet, il n'y a pas de biais en faveur des petites couvées ou nichées ni des nicheurs tardifs, ce qui suggère que l'infanticide parental ne touche sélectivement pas les parents de moindre qualité (lower quality parents) ceux qui nichent tardivement dans la saison et ceux ayant de petites couvées et par conséquent de petites nichées et probablement, n'importe quels parents pourraient décider d'accélérer le processus de la réduction de la nichée quand quelques poussins tombent au dessous d'un certain seuil de qualité.

Les résultats non significatifs, concernant les données comparatives de la masse corporelle à l'envol en fonction de la taille de la nichée et de l'ordre d'éclosion des poussins pour l'ensemble des trois saisons de reproduction ou pour les années prises isolément (tableau 26). De la même manière la masse corporelle à l'envol similaire entre les poussins de différents ordres d'éclosion dans le groupe des couples infanticides et celui des non infanticides pourrait être interprété par le fait que les parents essayent d'atteindre des poussins de haute qualité ce qui peut leur assurer une probabilité élevée de survie ultérieure, du moment qu'il existe une corrélation entre la qualité du poussin et de sa survie ultérieure. Donc après réduction de la nichée (par infanticide ou inanition) le reste des poussins font leur développement convenablement bien sur dans de bonnes conditions climatiques, rappelons que pendant les années 2003 et 2004 on a reçu des précipitations importantes dans la région de Ain Azel les quantités étaient respectivement de 338 mm et 430 mm en 2003 et en 2004 à comparer avec la moyenne de 275 mm pendant la période allant de 1983- 2005 (C.M.S. 2005), par contre en 2002 le taux annuel était seulement de 186 mm.

Les parents pourraient commettre l'infanticide quand les poussins se développent d'une façon médiocre, notamment si la nourriture vient à manquer tel qu'il était le cas en 2002, année de très faible pluviométrie, les parents tuent les poussins juniors à fin de permettre aux poussins survivants de mieux se développer, En conséquence à la fin de la période de croissance, on ne trouvera pas de différences dans la masse corporelle à l'envol entre les poussins issus des nichées à infanticide et celle de non infanticide dans aucun rang de poussin. Par contre, nos résultats ne sont pas en accord avec ceux trouvés par Tortosa et Redondo (1992) ni par Sasvári *et al.* (1999 a) qui ont trouvé que la masse corporelle à l'envol chez la Cigogne blanche diminuait avec l'augmentation de la taille de la nichée.

D'un autre côté, les parents de la Cigogne blanche n'ont pas essayé de consommer les poussins victimes tel qu'il a été observé chez cette espèce par d'autres auteurs (Schüz 1957, Tortosa et Redondo 1992), donc l'avantage du cannibalisme ne peut expliquer le comportement de l'infanticide chez l'espèce en Algérie.

#### **7.4.2. Dynamique de croissance des poussins dans les nichées à infanticide, poids et âge des poussins à l'attaque, sexe des parents infanticides.**

Au cours des deux premières semaines d'âge, les couples infanticides s'occupaient de nichées plus grandes que les couples non infanticides (tableau 25), ce qui causerait un coût élevé pour les parents, en effet, s'occuper d'une grande nichée pourrait avoir des effets négatifs sur leur valeur reproductrice résiduelle (Nur 1988).

D'un point de vue adaptatif, l'infanticide parental peut servir l'efficacité biologique (fitness) des parents (Mock 1984 a), et pourrait sauvegarder les ressources énergétiques autrement perdues par un poussin de moindre qualité qui probablement ne pourrait pas survivre, ces ressources sauvegardées après l'infanticide pourraient améliorer la probabilité du succès d'envol par les membres survivants de la nichée (Mock et Parker 1997). Les parents devraient alors réduire de tels effets négatifs en éliminant le surplus de poussins à un âge précoce s'ils peuvent préconiser que de tels effets néfastes sont plausibles par exemple en constatant que le poussin dernier éclost est mourrant de faim et/ou les parents sont sensibles aux signaux indiquant que les réserves du corps du poussin le plus souvent, le plus jeune de la nichée, sont épuisés. Concernant l'élimination du poussin le plus faible de la nichée et la précocité dans l'acte, les parents surproduisant les œufs (Parents overproducing zygotes), devraient identifier et éliminer le rejeton à valeur adaptative espérée la plus faible (offspring with lowest fitness expectations), aussi tôt que possible (Kozłowski et Stearns 1989, Tortosa et Redondo 1992 ; Konarzewski 1993, Mock et Forbes 1995 ; Zielinski 2002). Nos résultats sont donc en accord avec ceux trouvés par ces auteurs, en effet, dans tous les cas, dans la présente étude, les poussins victimes de l'infanticide parental étaient les plus faibles dans leurs nichées et se développaient à des taux nettement plus faible que leurs frères (nestmates). Aussi la différence significative dans le poids corporelle entre les poussins tués et les survivants de la nichée appuient l'adaptabilité du phénomène de l'infanticide parental, en effet, les parents en tuant les poussins les plus faibles de la nichée sauvegardent de l'énergie qui très probablement pourrait être perdue en vain.

Ce fait que le poussin tué soit le plus petit de la nichée est commun chez toutes les espèces infanticides, il a été observé chez la Cigogne blanche (Redondo et Tortosa 1992), la Cigogne noire (Klosowski *et al.* 2002), les Foulques (Horsfall 1984), et les Spatules (Aguilera 1990).

Un bénéfice similaire est aussi proposé chez les espèces d'oiseaux chez lesquelles la réduction de la nichée est la conséquence du fratricide (Mock *et al.* 1990).

L'âge moyen auquel l'agression parentale mortelle a eu lieu dans notre étude est de 6,25 jours donc assez tôt au cours de la période d'élevage, des résultats similaires signalés par Tortosa et Redondo (1992) qui ont trouvé que les attaques parentales aux poussins se produisent aux alentours de l'âge de 7,3 jours. Ce qui pourrait directement influencer l'investissement parental (parental investment). L'infanticide a eu lieu avant que les poussins entrent dans la phase de nourrissage maximale, nous savons que les taux d'approvisionnement des parents aux poussins de la Cigogne blanche atteignent un pic entre 20 et 30 jours après l'éclosion puis diminuent jusqu'à l'envol (Tortosa et Redondo 1992). Les modèles théoriques sur l'optimisation de la distribution de l'effort parental quand il existe des différences dans la qualité entre les descendants, tel est le cas dans les nichées à infanticide, ont trouvé que les adultes peuvent augmenter leur efficacité biologique (fitness) si l'infanticide se passe avant que l'investissement parental réalisé soit élevé (Haig 1990).

#### **7.4.3. Hypothèses antécédentes émises pour expliquer le phénomène de l'infanticide parental et hypothèse émanant de nos résultats.**

Chez les espèces caractérisées par l'agression entre les poussins, quand les proies apportées aux nids sont de taille assez petite pour pouvoir être économiquement défendues par le rejeton majeur de la nichée, il peut monopoliser la nourriture et empêcher ses plus jeunes frères (siblings) de se nourrir par des interactions agonistiques (Mock *et al.* 1987, 1990).

A la façon dont Les Cigognes nourrissent leurs jeunes, par régurgitation du bol alimentaire sur le plancher du nid, les proies ne peuvent donc pas être monopolisées par les poussins majeurs et aucune agressivité n'est observée entre les poussins de la nichée avant 50 jours d'âge (Schüz 1984), dans le même sens, les poussins de la Cigogne magari n'observent pas d'interactions agressives (Thomas 1984). De même, les espèces qui ont présenté le phénomène d'infanticide parental tel que les Foulques, la Sterne de hermanni et les Spatules non plus, n'ont observé d'agressivité entre les poussins

(Horsfall 1984, Urrutia et Drumond 1990, Aguilera 1990).

Zielinski (2002), propose dans ce sens que s'il n'y a pas d'agression entre les poussins de la nichée, en conséquence, la monopolisation de la nourriture par les poussins les plus forts (généralement les premiers éclos) ne peut pas avoir lieu et donc l'élimination du poussin le plus faible par inanition sera inefficace, donc parfois les parents accélèrent le processus de la réduction de la nichée (brood reduction) en tuant certains de leur rejetons (infanticide).

Tortosa et Redondo (1992) ont évoqué que si les poussins ne concourent pas d'une manière agressive pour la nourriture, les parents se trouveraient face à la situation d'éliminer le surplus de poussins par eux même.

Toutes les propositions exposées antérieurement pourraient expliquer les raisons pour lesquelles a eu lieu l'infanticide, dans nos colonies, cependant une question reste posée c'est pourquoi le biais de l'infanticide demeure en faveur des mâles, nos résultats coïncident avec les observations faites par Schüz (1984) et les résultats trouvées par Tortosa et Redondo (1992) ainsi que dans les Foulques (Horsfall 1984). Tortosa et Redondo (1992) ont signalé 8 cas sur 9 commis par les mâles comme c'est le cas du présent travail 9 cas sur 12, ces deux auteurs ont proposé une hypothèse qui pourrait être basée sur la différence de la variation dans le nombre total de descendants que chaque sexe peut générer tout le long de sa vie fertile. La variation du succès de reproduction total des mâles pourrait être plus élevé que celle des femelles due au biais de sex-ratio en faveur des mâles environ 10% plus de mâles que de femelles. Et si les mâles doivent concourir pour les femelles, ils auraient besoin d'être en meilleure condition à chaque début de saison de reproduction pour avoir une femelle et donc les mâles essaient de sauvegarder leur énergie et par conséquent faire des décisions à propos de l'infanticide. Aussi, l'investissement parental affecterait plus fortement la contribution reproductrice totale des mâles que celle des femelles (Trivers 1972), donc les mâles en commettant l'infanticide pourraient sauvegarder leur efficacité biologique. D'un autre côté, la valeur reproductrice résiduelle entre les différents mâles d'un même âge peut varier tout le long de leur vie fertile, de cette manière, les mâles qui ont un potentiel reproducteur élevé pourront bénéficier de l'élimination rapide des poussins les moins compétitifs car la nichée nombreuse peut conditionner leur état physiologique à la fin de la période de nourrissage et causer la subséquente perte du potentiel reproducteur. De cette hypothèse découle la prédiction que seulement les mâles avec un potentiel élevé du succès reproducteur pourraient devenir infanticides

pour sauvegarder leur valeur reproductrice résiduelle avancée par Tortosa et Redondo (1992) qui est restée jusqu'à maintenant non testée, en effet le processus de l'infanticide reste encore un phénomène pas clairement expliqué et toutes les explications données ne sont que des hypothèses.

## *Discussion générale*

## Discussion générale

La hausse des effectifs de la cigogne blanche en Algérie pourrait s'expliquer par l'amélioration du taux de survie dû à un effet combiné des améliorations de la pluviométrie sur les quartiers d'hiver tropicaux où hivernent les sujets d'Algérie et surtout de l'amélioration des conditions trophiques locales.

L'accroissement des effectifs locaux s'inscrit dans le cadre de l'accroissement des effectifs de l'espèce dans toute son aire de nidification. Ceci a été mis en évidence lors du 5<sup>e</sup> recensement international de cette espèce qui a marqué l'explosion démographique des populations de cette espèce dans la plupart des pays d'Europe entre 1984 et 1994-1995 (Schulz 1999).

Le taux d'accroissement au tour de cette dizaine d'années a été localement impressionnant, effectivement l'accroissement continu en Algérie et dans la région de Sétif des couples nicheurs va aussi de paire avec l'accroissement des couples nicheurs de cette espèce mis en évidence par le 6<sup>e</sup> recensement international effectué en 2004-2005 qui a englobé 28 pays abritant près de 88% de la population mondiale, ce recensement a mis en évidence la présence de 23000 couples de Cigogne blanche à travers le monde soit une augmentation de l'ordre de 39% depuis 1994-1995 (NABU 2006). Pour ce qui concerne la reprise des effectifs en Algérie et dans la région de Sétif, nous estimons qu'elle proviendrait probablement d'une amélioration du taux de survie annuelle mais en l'absence d'un programme de marquage et contrôle des oiseaux nous ne pouvons que faire la supposition. Par contre la cause principale qui aurait participé dans cette hausse démographique de l'espèce, reste l'amélioration des conditions trophiques locales, en effet, les cigognes ayant maintenant comme en quelques pays d'Europe, adopté les décharges comme source de nourriture et notamment les dépotoirs illicites des déchets des poulaillers, phénomène qui s'est largement répandu ces dernières années surtout dans la région des hautes plaines sétifiennes.

Par contre, nous ne pouvons avancer le phénomène nouveau de la sédentarité de l'espèce en Algérie, comme facteur de cet accroissement démographique ceci en raison du faible nombre observé, donc on ne pourrait pas avancer un recrutement local comme facteur même partiel participant à cette hausse d'effectifs mais plutôt, on pourrait supposer que les individus nicheurs d'Algérie y compris la région de Sétif proviendrait en plus de leurs quartiers d'hivernage africains aussi de pays européens voisins tel que l'Espagne où les effectifs sont passés entre 1994-1995 et 2004-2005 de 16643 à 33217



couples nicheurs et où le nombre d'individus hivernants était de 31229 en 2004 (Molina et Del Moral 2005) ou du Maroc pays voisin où des centaines d'hivernants sont observés (Tortosa 2009 com. Pers.) ce taux très élevé d'hivernage de l'espèce est sans doute à l'origine d'un taux de survie plus élevé. Il faudra donc apporter d'avantage de données sur l'étendue réelle de ce phénomène d'hivernage de la cigogne blanche en Algérie pour en mesurer les conséquences sur les taux de recrutements locaux et de survie et par conséquent sur la dynamique de population de l'espèce, malheureusement, le bagage des poussins reste jusqu'à présent absent en Algérie, ce qui permettrait de suivre avec précision la dynamique de population.

Comme il a été supposé que l'un des facteurs qui aurait engendré cette hausse des effectifs serait la disponibilité alimentaire au niveau des décharges et surtout des dépotoirs de volaille, les analyses de l'effet de ces facteurs sur le succès de reproduction ont pu étayer cette hypothèse.

Dans notre étude, les fortes valeurs du succès de la reproduction dans les différentes stations à travers tout le territoire de la région de Sétif pendant les différentes années d'étude pourraient s'expliquer par la proximité des colonies aux sites des dépotoirs de déchets de la volaille et des décharges donc les sites avec nourriture supplémentaire comparés avec les sites sans ce supplément. Nos résultats sont semblables à ceux trouvés par Tortosa *et al.* (2002) qui a trouvé que le succès de la reproduction était plus élevé dans les colonies situées près des décharges, en effet, la nourriture supplémentaire permet aux femelles de passer moins de temps cherchant la nourriture donc elles commencent plus tôt la couvaison ce qui engendre une meilleure protection des œufs de la prédation et donc un envol en avance qui pourrait engendrer des taux de survie plus élevés (Bollinger *et al.* 1990).

La plupart des travaux d'évaluation des impacts écologiques de la nourriture supplémentaire se sont intéressés à l'évaluation de son impact comme un facteur unique cependant, il reste les interactions entre cette nourriture supplémentaire et d'autres facteurs du milieu tels que le climat, la prédation, de telles recherches nous aideraient à mieux comprendre comment les populations d'oiseaux répondraient aux changements environnementaux. En outre, les facteurs affectant le succès de la reproduction chez la Cigogne blanche sont complexes et mutuellement liés, l'effet du climat est démontré par Sasvári et Hegyi (2001), Jovani et Tella (2004), la qualité de l'habitat et la disponibilité alimentaire a été démontré par Barbraud *et al.* (1999), Tortosa *et al.* (2002), Tryjanowski et Kuźniak (2002).

Ces interactions sont très importantes notamment celles liant climat et conditions de ressources alimentaires qui sont encore un terrain manquant de recherches et clarifications (Robb *et al.* 2008). Notre étude a fait ressortir une importante interaction entre la nourriture supplémentaire et le climat, en effet, le supplément alimentaire n'a pas eu d'impact en 2002, comme la quantité moyenne de pluie enregistrée au cours de la période d'élevage, mois d'Avril, Mai et Juin était plus faible en 2002 qu'en 2003, 2004 et 2005 dans presque toutes les stations, ceci a engendré un manque de petits insectes et invertébrés soit des proies de petite taille accessibles aux poussins de la première semaine d'âge, rappelons que cette nourriture émanant de ces dépotoirs des déchets du poulet pourrait satisfaire les besoins des poussins plus ou moins à partir de la deuxième semaine d'âge vu la taille plus grande de ces proies (morceaux d'intestins, pattes, tête) d'après les observations faites aux nids.

En plus de l'effet des décharges sur le succès de reproduction, la taille du nid a aussi un impact sur ce paramètre de la productivité (liaison au chapitre précédent). En effet, les nids les plus grands de taille étaient occupés plus tôt au cours de la saison de reproduction et ont montré un succès de reproduction et une taille de ponte plus élevés, en plus, les préférences qu'ont manifesté les mâles pour les nids de plus grand volume nous confirme que de tels nids sont un facteur important dans les décisions des femelles du moment que le volume du nid défendu influe significativement sur la durée que les mâles mettent pour avoir une femelle. Nos résultats se concordent avec ceux de Tortosa et Redondo (1992), Bocheński et Jerzak (2006), Tryjanowski *et al.* (2009), Vergara *et al.* (2010) sur la Cigogne blanche.

Plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer les mécanismes évolutifs qui sont derrière les bénéfices dans l'efficacité biologique (the fitness benefits) issus des nids de grande taille chez plusieurs espèces d'oiseaux (Collias et Collias 1984, Fargallo *et al.* 2001, Soler *et al.* 2001).

L'une de ces hypothèses explique la relation observée entre la taille du nid et le succès de reproduction supposant que les nids de plus grande taille pourraient contenir plus de poussins que les nids plus petits tel qu'il a été trouvé dans le présent travail.

Un autre mécanisme proposé pour expliquer la relation entre la taille du nid et le succès de reproduction chez les oiseaux c'est la sélection sexuelle. Le nid pourrait être une extension du phénotype des individus du moment que par exemple les grands nids, les biens élaborés, les mieux décorés pourraient précisément signaler la qualité du constructeur (Fargallo *et al.* 2004, Tomás *et al.* 2006, Moreno *et al.* 2008). Par

conséquent, les individus avec les meilleurs nids augmentent la chance de l'acquisition d'un partenaire de meilleure qualité (Hoi *et al.* 1994, Evans et Burn 1996, Kleindorfer 2007).

Comme la Cigogne blanche est une espèce qui réutilise son nid, donc on suppose que l'obtention de bénéfices directs est probablement le principal facteur sélectif qui agit sur l'évolution des mécanismes discriminatoires utilisés par les femelles de la cigogne blanche dans le choix des mâles dans nos colonies. En effet, un mâle capable d'acquérir et de défendre un grand nid pourrait signaler sa qualité et pourrait avoir une partenaire de haute qualité.

D'une autre part, la continuité dans la construction du nid durant toute la période de reproduction n'a pas été l'objet d'un signal post-nuptial (De Neve et Soler 2002, De Neve *et al.* 2004, Martínez-De la Puente *et al.* 2009). En effet, les paramètres de qualité individuelle telles que la taille de ponte ou la productivité n'étaient pas corrélés à l'augmentation de la taille du nid. Donc l'augmentation de la taille du nid semble être matière de continuité dans la reproduction.

Nous pensons donc dans notre cas que la continuité dans le comportement de construction des nids tout le long de la saison de la reproduction même après l'envol des jeunes serait appuyée par les deux hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 : La maintenance des nids, les nids de la cigogne sont des constructions solides mais ouvertes et complètement exposées à la dégradation par la pluie, le vent ou la neige. En tenant en compte que les nids sont réutilisés pour plusieurs années, la nécessité de réparer les nids est claire, en plus l'activité des adultes et des poussins le détériorent même au cours d'une unique saison de reproduction (obs. pers.), par conséquent la continuité de ramener du nouveau matériel au nid tout le long de la période de reproduction contrebalance la dégradation du nid.

Hypothèse 2 : la haute fidélité aux sites de nidification chez la Cigogne blanche (Barbraud *et al.* 1999) qui survient spécialement après des tentations de reproduction réussies (Vergara *et al.* 2006), pourrait expliquer pourquoi les adultes continuent leur comportement de construction même après l'envol des jeunes.

L'effet de l'âge de la Cigogne blanche qui est considéré comme un index de qualité et d'expérience des individus (Vergara et Aguirre, 2006, Nevoux *et al.* 2008), et son effet sur le choix des nids n'a pas fait objet d'étude mis à part le travail de Vergara *et al.* (2010). Ce facteur n'a pas pu être considéré dans cette étude du moment que la

population n'est pas baguée, donc des recherches dans ce sens seront d'une grande utilité.

En plus, de futures études analysant les facteurs environnementaux particuliers, à une micro échelle (comme la température, voir Tortosa et Villafuerte 1999, Tortosa et Castro 2003) dans chaque nid pourrait aider à comprendre le lien entre la taille du nid, ses caractéristiques les plus détaillées et le succès de reproduction dans les colonies de cette espèce.

Comme le succès de reproduction, les autres paramètres de la reproduction tels que la taille de ponte, le succès d'éclosion, la date de ponte ainsi que les paramètres liés aux œufs et aux poussins comme le volume des œufs et le poids des poussins à l'éclosion sont aussi fonction de cette nourriture supplémentaire avec d'intéressantes interactions entre ce facteur et certains facteurs environnementaux tels que la pluviométrie ou l'ordre de ponte et d'éclosion.

Dans cette étude, on a démontré que les nids dans les colonies de la Cigogne blanche qui avaient accès à la nourriture supplémentaire ont fait des pontes de plus grande taille, une avance dans la date de ponte avec un taux plus élevé d'éclosion comparés aux nids des colonies sans ce supplément alimentaire. Il semble qu'il y avait à la fois l'effet de la nourriture supplémentaire et d'autres facteurs environnementaux, comme les précipitations, sur la variation de la taille de ponte. En effet, en comparant entre les années, la taille moyenne de ponte était significativement plus grande en 2004 qu'en 2003 et en 2002 et ceci pourrait être lié à la pluviométrie moyenne mesurée un mois avant la date de ponte. Nos résultats appuient donc l'hypothèse de la nourriture supplémentaire qui affecte à la fois la date et la taille de ponte (Newton et Marquiss 1981, Dijkstra *et al.* 1982 ; Hönfeldt et Eklund 1989, Aparicio 1994 ; Tortosa *et al.* 2003) et montrent que la Cigogne blanche paraît ainsi répondre aux conditions environnementales telles que la nourriture supplémentaire et la pluviométrie indépendamment, par un avancement de la date de ponte et l'augmentation de la taille de celle-ci.

Pour ce qui est du Patron de variation des œufs à l'intérieur des couvées nous assistons dans notre cas à la situation où le volume des œufs diminue avec l'ordre de ponte, cas très communs chez les oiseaux asynchrones en général (Bollinger 1994) et chez la Cigogne blanche (Profus *et al.* 2004). Cependant, nos résultats ont montré un volume plus grand pour le 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> œuf de la séquence de ponte dans le groupe d'oiseaux supplémentés, suggérant donc que la disponibilité alimentaire et donc

disponibilité de nutriments (nutrients) et énergie pendant la phase de formation des œufs pourrait agir comme un facteur du milieu (Proximate factor) affectant le volume des œufs indépendamment de l'ordre de ponte comme il a été trouvé par (Redmond 1986, Wiebe et Bortolotti 1996, Amat *et al.* 2001).

Donc, suivant la disponibilité alimentaire, le patron de variation du volume des œufs à l'intérieur des couvées de la Cigogne blanche pourrait être un phénomène adaptatif qui contrebalancerait l'effet de l'éclosion asynchrone dans un sens optimal puisque nous assistons à l'augmentation du volume des œufs pondus en dernières positions chez les oiseaux supplémentés.

Le résultat non significatif de la taille de ponte sur le volume des oeufs nous conduit à conclure que notre population de Cigogne blanche ne fait pas de compromis (trade-off) entre la taille de ponte et la taille des œufs. De très rares études se sont intéressés à la variation de la taille des œufs à l'intérieur de la nichée chez les Ciconiiformes et chez *Ciconia ciconia* en particulier, ceci est le deuxième travail après celui de Profus *et al.* (2004).

Concernant la survie des poussins, nos résultats appuient la relation positive entre la survie et le volume des œufs et entre la survie et le poids des poussins à l'éclosion ainsi que la corrélation positive entre le volume des oeufs et le poids des poussins à l'éclosion qui sont étayés par de nombreux travaux cités en littérature (Bollinger 1996, Aparicio 1999 ; Jager *et al.* 2000, Amat *et al.* 2001; Karel *et al.* 2008) qui ont tous trouvé que le poids des poussins à l'éclosion augmente avec le volume des œufs où tous ces auteurs ont travaillé en présence de nourriture supplémentaire.

Les oeufs de grand volume donnent des poussins plus gros et ceci pourrait donner de meilleures possibilités de survie jusqu'à l'envol. Dans une étude de synthèse de Williams (1994) sur la variation intra spécifique de la taille des œufs et leur composition chez les oiseaux, il a été reporté que dans les 42% des 34 études que le taux de survie des poussins était positivement corrélé au volume des œufs et dans la plupart de ces études cet effet n'était pas dû seulement au volume en soit, mais d'autres facteurs comme l'âge des parents, la qualité du territoire de reproduction, participent aussi à faire augmenter le taux de survie.

la taille de l'œuf est toujours corrélé à la masse des poussins à l'éclosion et la masse durant la première semaine de vie après l'éclosion, mais l'évidence pour des effets durables sur la croissance et la survie est équivoque (Jager *et al.* 2000).

Un avantage de la masse élevée à l'éclosion est que cette survie des poussins pourrait au moins être plus grande pendant la première semaine de vie quand les poussins sont vulnérables aux mauvaises conditions climatiques et aux prédateurs (Williams 1994, Jager et al. 2000), de même pour la cigogne blanche, un poids optimal à l'éclosion pourrait épargner aux poussins les contraintes de mauvaises conditions climatiques surtout que les poussins ne développent pas leur thermorégularité avant 20 jours d'âge (Tortosa et Castro 2003).

L'étude de la variation de la taille des œufs est un thème encore équivoque, les recherches récentes se sont intéressées à la composition des œufs pour voir son impact sur la survie de la progéniture. Karel *et al.* (2008) ont prouvé que la transmission D'Igs de la mère quand elle est soumise à la nourriture supplémentaire aux poussins avec un taux élevé permet aux poussins de faire face aux maladies en plus du poids élevé à l'éclosion, ceci est un facteur très important concernant l'immunité des poussins transmise par les mères via les œufs contribuant à un taux de survie plus élevé.

Dans nos colonies, la survie des poussins décline avec l'ordre de ponte comme trouvé par (Bollinger 1994), cependant les couples de la Cigogne blanche soumis à une nourriture supplémentaire ont pu contrebalancer cet effet de l'asynchronisme de l'éclosion et ses conséquences, ceci est montré par l'interaction entre nourriture supplémentaire et ordre d'éclosion qui est significative

Ce résultat trouvé pourrait épargner aux poussins deux désavantages, éclore en dernière position et à partir d'un œuf de plus petite taille dont souvent les effets sont confondus.

Les couples de Cigogne blanche qui ont bénéficié de nourriture supplémentaire pourraient surmonter les conséquences de cette compétition hiérarchique dans la nichée imposée par l'asynchronisme des éclosions en ayant des poussins éclos dans les dernières positions de ponte de poids plus élevé donc avec de meilleures chances de survie.

L'absence d'une corrélation positive entre le volume des œufs et le succès de reproduction dans nos colonies pourrait être reliée avec la disponibilité alimentaire liée en partie aux décharges, sans pour autant négliger l'investissement parental au cours de la saison de l'élevage. En effet, en théorie une corrélation positive entre le volume des œufs et le succès de reproduction pourrait être masqué par des œufs de gros volume avec des territoires pauvres et des œufs de petit volume avec territoires riches (Jager et al. 2000).

Concernant le contrôle de la répartition de la nourriture par les parents dans la nichée, les résultats de l'expérience de l'échange du poussin senior de la nichée montrent que les parents augmentent la taille moyenne des proies en recevant un poussin de taille supérieure, ce qui favorise le poussin de premier rang mais pas aux dépens du poussin du dernier rang. Nos résultats, montrent que les parents de la Cigogne blanche des nichées expérimentales, ayant eu un poussin senior plus grand de taille, en plus d'accroître la quantité de nourriture fournie aux poussins seniors, ils augmentent aussi la quantité totale délivrée à la nichée.

Les expériences du contrôle de la répartition de la nourriture dans les nichées menées en Algérie et en Espagne étaient réalisées dans des conditions climatiques favorables où les parents pourraient augmenter la quantité de nourriture allouée aux poussins seniors, au même moment où ils pourraient garder l'option ouverte d'augmenter leur succès de reproduction avec les poussins marginaux, du moment que lorsque les conditions sont favorables, ces derniers peuvent surmonter l'handicap dû à l'éclosion en dernière position (Royle 2000). Donc, dans des conditions favorables, la Cigogne blanche pourrait améliorer son succès de reproduction en procurant de la nourriture aux poussins seniors et aux derniers éclos. Pendant l'année de l'expérience (2004), année de bonne pluviométrie, nos résultats ont montré des asymétries de taille élevées et tardives à l'intérieur des nichées, ceci est la conséquence du développement relativement rapide des poussins seniors au même moment que les poussins juniors sont encore en vie.

La Cigogne blanche est une espèce longévive, par conséquent, en accord avec la théorie de l'investissement parental (parental investment theory), les adultes nicheurs devraient ajuster leur investissement de manière à maximiser leur contribution reproductrice totale (Trivers 1972, Maynard Smith 1977) en satisfaisant beaucoup plus les besoins des poussins les plus âgés, les plus forts ou les poussins de plus haute qualité (Carslisle 1985, Redondo 1989).

Donc, une valeur plus élevée de la nichée actuelle (high value current brood) pourrait stimuler les parents à investir plus comme il a été démontré par Rytkönen (2002), chez la Mésange charbonnière.

Dans notre expérience, on a augmenté la taille des poussins les plus âgés ce qui aurait pu produire une stimulation positive aux parents due à la valeur plus élevée de leur « nouvelle » nichée (higher value of their "new" brood). Comme le phénomène de

l'ajustement de la quantité de nourriture à la taille de la nichée est un patron très répandu chez les oiseaux (Ploger 1997) et tel qu'il a été trouvé chez la Cigogne blanche qui augmente l'effort de nourrissage dans les nichées de plus grande taille (Tortosa et Redondo 1992), donc il semble que les parents soient sensibles à la fois à la taille de la nichée (nombre) et celle des poussins (taille). D'une autre part, puisque les poussins de la Cigogne blanche ne sont pas agressifs et les poussins seniors ne peuvent pas monopoliser la nourriture en accédant directement à cette dernière au moment de la distribution, nos résultats suggèrent donc que ce manque de monopolisation pourrait être actuellement une conséquence directe d'un control parental sur la réduction de la nichée car les parents allouent plus de proies quand ils sont face à des poussins plus grands de taille, ce qui n'a pas conduit à la monopolisation par les poussins seniors en cette année de bonnes conditions environnementales mais qui pourrait désavantager les poussins juniors en périodes de faibles disponibilités alimentaires. Ce qui peut stimuler passivement la réduction de la nichée (Tortosa et Redondo 1992).

Vu les résultats comparatifs non significatifs concernant les paramètres de reproduction entre les couples infanticides et non infanticides, nous avançons que l'infanticide parental ne touche sélectivement pas les parents de moindre qualité (lower quality parents) et probablement, n'importe quels parents pourraient décider d'accélérer le processus de la réduction de la nichée quand quelques poussins tombent au dessous d'un certain seuil de qualité.

Au cours des deux premières semaines d'âge, les couples infanticides s'occupaient de nichées plus grandes que les couples non infanticides, ce qui causerait un coût élevé pour les parents, en effet, s'occuper d'une grande nichée pourrait avoir des effets négatifs sur leur valeur reproductrice résiduelle (Nur 1988).

L'âge moyen auquel l'agression parentale mortelle a eu lieu dans notre étude est de 6,25 jours donc assez tôt au cours de la période d'élevage, des résultats similaires signalés par Tortosa et Redondo (1992) qui ont trouvé que les attaques parentales aux poussins se produisent aux alentours de l'âge de 7,3 jours. Ce qui pourrait directement influencer l'investissement parental. L'infanticide a eu lieu avant que les poussins de la Cigogne entrent dans la phase de nourrissage maximale située entre 20 et 30 jours.

Concernant la dynamique de croissance des poussins victimes de l'infanticide, Dans tous les cas d'infanticide de la présente étude, les poussins victimes étaient les plus faibles dans leurs nichées et se développaient à des taux nettement moindre que



leurs frères (nestmates). Aussi la différence significative dans le poids corporelle entre les poussins tués et les survivants de la nichée appuient l'adaptabilité du phénomène de l'infanticide parental, en effet, les parents en tuant les poussins les plus faibles de la nichée sauvegardent de l'énergie qui très probablement pourrait être perdue en vain.

Nos résultats sont donc en accord avec ceux trouvés par (Kozłowski et Stearns 1989, Konarzewski 1993, Mock et Forbes 1995, Zielinski 2002). Qui ont trouvé que l'élimination du poussin le plus faible de la nichée et la précocité dans l'acte chez les parents surproduisant les œufs (Parents overproducing zygotes), doivent se faire en identifiant et éliminant le rejeton à valeur adaptative espérée la plus faible (offspring with lowest fitness expectations), aussi tôt que possible.

On conclut notre discussion par rapport aux différentes hypothèses proposées pour expliquer l'infanticide parental. Tortosa et Redondo (1992) avancent l'hypothèse de la valeur reproductrice résiduelle des parents et spécialement les mâles, Zielinski (2002), celle de l'inefficacité de la réduction de la nichée par inanition par manque d'agression compétitive. Dans nos cas d'infanticide parental, on peut avancer qu'en absence d'interactions agressives entre les poussins, les parents de la Cigogne blanche en sélectionnant la taille de la proie (comme a été trouvé au chapitre 6) pourraient biaiser l'allocation de la nourriture en faveur des poussins les plus âgés de la nichée mais ce processus fonctionne lentement du moment que les plus petits poussins pourraient vivre une bonne période en recevant une petite quantité de nourriture (chapitre 5) par conséquent, en tuant les poussins les plus faibles, les parents pourraient optimiser leur nourrissage spécialement en 2002, année la moins pluvieuse, en effet, les modèles théoriques prédisent une diminution de l'effort de reproduction, des dépenses ou de l'investissement parental dans des conditions défavorables de milieu (Carlisle 1982, Winkler 1987). On pourrait donc avancer que l'infanticide dans nos colonies est un moyen d'accélérer la réduction de la nichée quand il est nécessaire (conditions climatiques défavorables), d'autre part, l'infanticide ne touche sélectivement pas les parents de moindre qualité (ceux qui nichent tardivement et ceux ayant de petites couvées et par conséquent de petites nichées) et que n'importe quels parents pourraient devenir infanticides, concernant l'auteur de l'infanticide, qui sont les parents mâles dans cette étude, on peut avancer qu'ils supportent l'hypothèse de Tortosa et Redondo (1992), l'hypothèse de la sauvegarde de la valeur reproductrice résiduelle.

Les parents font donc des pontes optimales dépendant de la disponibilité alimentaire mais par la suite ils doivent ajuster le nombre de poussins qu'ils peuvent élever suivant les conditions et disponibilités de la saison de reproduction, par conséquent ils adoptent nécessairement des mécanismes pour réduire leurs nichées soit passivement en sélectionnant la taille des proies attribuées aux poussins ou activement en éliminant quelques uns par le phénomène de l'infanticide.

## *Conclusion générale*

## Conclusion générale

La dynamique de population de la Cigogne blanche a donné des résultats en hausse depuis l'année 1993 que se soit pour le territoire national ou pour la région des hautes plaines sétifiennes.

La première évaluation pour l'Algérie a été réalisée en 1935 (Bouet 1936), qui a donné un effectif nicheur de 6500 couples, suivie par une deuxième en 1955 (Bouet 1956) qui a montré un effectif plus important de l'ordre de 8844 couples qui serait dû à un balayage plus complet par l'enquête. Ensuite le chiffre a diminué à 2000 couples en 1974 (Thomas *et al.* 1975). Ce chiffre montre une réduction de la population de l'ordre de 75% entre 1955 et 1974.

Le résultat du recensement national de 1993 a donné un déclin nettement prononcé de 86% à comparer avec le résultat de 1955 (Bouet 1956).

Ultérieurement, les recensements nationaux de 1995, 1998, 2001 et 2007 ont marqué une reprise spectaculaire des populations nicheuses de cigognes blanches en Algérie qui s'inscrit dans le cadre de l'accroissement général des effectifs de l'espèce dans toute son aire de nidification, avec la plus grande concentration dans la région du constantinois et celle du Nord-est qui hébergent à elles seules, presque la moitié des effectifs totaux de 1995, 1998, 2001 et 2007.

La hausse des couples reproducteurs dans toutes les régions d'Algérie au cours de la période allant de 1993 à 2007 a suivi une tendance positive générale suivant l'essor démographique en Europe à partir de 1990.

Il n'y a pas une tendance spécifique de l'évolution du succès de reproduction en fonction du nombre de couples nicheurs ayant réussi leur reproduction donc ce paramètre semble ne pas être affecté par la densité de la population dans toutes les régions d'Algérie.

La dynamique de population de la Cigogne blanche dans la région des hautes plaines sétifiennes a également suivi la même tendance que la population de l'Europe, après un déclin entre 1935 et 1974 où la population a diminué de près de 91%, les effectifs des couples nicheurs ont revu une hausse à partir de 1995. L'effectif a doublé entre 1998 et 2001, ensuite entre 2001 et 2007, l'effectif est passé de 875 à 1192, ceci s'explique par le recensement qui était plus exhaustif réalisé par nous même. Notons qu'entre 2001 et 2007, la population de cigogne dans la région de Sétif a augmenté de

26,6% et entre 1974, année de déclin de l'espèce et l'année 2007, cette population a vu une hausse de 84,14%.

Les cigognes ont été également observées se nourrir sur les dépotoirs des déchets de la volaille qui sont en train de beaucoup proliférer ces dernières années dans la région de Sétif. Ces chiffres pourraient d'une autre part être expliqués par des recensements plus complets effectués pendant cette période.

Par contre nous ne pouvons avancer le phénomène de la sédentarité comme facteur de cet accroissement de la population de Cigogne blanche.

La Cigogne blanche est quasiment absente du Nord ouest de la région de Sétif et dans la région extrême Sud. Les plus grandes concentrations de nids sont enregistrées dans la région centre et sud, dans les localités de Sétif avec 98 nids, El Eulma avec 63 nids, Beni fouda 58, Ain Arnet 93, Ouled saber 28, Mezloug 93, Ain Azel 78 et Ain Oulmène avec 69 nids représentant les 48,74% de l'effectif total des couples nicheurs de l'année 2007 qui sont deux régions qui semblent répondre aux exigences de la Cigogne blanche (région céréalière avec abondance d'arbres). Le nombre de nids a augmenté dans certaines localités tel qu'à Ain Essebt et Serdj el Ghoul, à Hammam Sokhna, à Tella entre 2001 et 2007. Aussi on a signalé l'apparition de nouveaux nids en faible nombre toujours dans la région Nord à Babor et à Tizi N'bechar et à Maoklane à partir de 2005, le même phénomène est observé dans certaines régions du Sud telles que Rasfa, Salah Bey et à Ouled Tebben, à partir de 2004, ceci prouve que la cigogne blanche est en train de conquérir tout le territoire de la région de Sétif.

Dans la région d'étude, la densité de la Cigogne blanche est de 33,03 couples / 100 km<sup>2</sup> en 2007. La région de Sétif se range donc en 3<sup>ème</sup> position après Annaba et El Tarf. Ce qui suppose une richesse du milieu et une disponibilité de structures favorables à l'espèce. Nous avons constaté que le plus grand pourcentage des nids est bâti sur les arbres vu la disponibilité de ce support naturelle dans la région des hautes plaines sétifiennes.

Par ailleurs, le type de support n'avait aucun effet sur le succès de reproduction en 2003 ni en 2004 ni en 2005. Par contre en 2002, le type du support a affecté le succès de reproduction.

Depuis les années 90, le phénomène de l'hivernage de la Cigogne blanche est apparu en Algérie signalé surtout dans la région est du pays (Samraoui 2002). Des hivernants dans la région de Sétif sont observés pour la plupart dans la région sud dans

les localités de Ain Oulmène, Ain Lahdjar, Hammam Sokhna et aussi dans la région centre à El Eulma.

Nous pouvons conclure donc qu'en douze ans la Cigogne blanche a su trouver à Sétif une bonne terre d'accueil où elle se reproduit avec succès et a vu ses effectifs croître. Les biotopes favorables sont loin d'être saturés et permettent d'entrevoir l'avenir avec optimisme mais tout dépendra de notre capacité à les préserver pour assurer la réussite de la nidification de l'espèce.

L'impact des décharges et dépotoirs des déchets de la volaille sur le succès de la reproduction était très marqué et une baisse significative de ce paramètre de la reproduction plus on s'éloigne de ces décharges a été enregistré durant les années 2003, 2004 et 2005. Cependant durant la saison de reproduction 2002 cette relation n'était pas significative, par conséquent la distance aux dépotoirs des déchets de la volaille et des décharges publiques a affecté le succès de reproduction au cours de toutes les années d'étude à part en 2002 et donc on pourrait avancer ce facteur de nourriture à ce niveau comme élément qui a pu participer dans la hausse des effectifs de l'espèce. Cependant, l'impact écologique de cette nourriture supplémentaire a eu une interaction très significative avec un facteur climatique, la faible pluviométrie enregistrée au cours de la période d'élevage des poussins (Avril, Mai, Juin) en 2002 qui a engendré un manque de petits insectes et invertébrés soit des proies de petite taille accessibles aux poussins de la première semaine d'âge.

Dans la région d'étude le retour des cigognes a été enregistré entre le 3 Février et le 25 Mars en 2004 (moyenne le 22 Février). En 2003 entre le 3 et le 29 Février (date moyenne 15 Février) et en 2002 entre le 8 Février et le 9 Mars (date moyenne, le 16 Février).

Les nids de plus grande taille sont occupés en première position, cependant les mâles qui reviennent plus tardivement occupent les nids de volume plus petit, ces préférences sont valables pour les deux sexes. D'un autre côté les individus premiers arrivés ont pu avoir des partenaires plus tôt que les individus arrivés plus tard. La durée que mettent les mâles sans une partenaire était influencée aussi bien par la date de retour à la colonie comme par la taille du nid.

La taille des nids augmente d'une saison de reproduction à l'autre, Elle continue à augmenter du début de la saison de reproduction à la fin de celle-ci. Les corrélations

entre le taux d'augmentation de la taille des nids et la taille de ponte ainsi qu'avec le succès de reproduction ne sont pas significatives ce qui montre que ces paramètres de qualité individuelle ne semblent pas jouer un rôle dans un signal postnuptial.

Nous pensons donc dans notre cas que la continuité dans le comportement de construction des nids tout le long de la saison de la reproduction même après l'envol des jeunes serait appuyée par les deux hypothèses suivantes :

- 1 - La maintenance des nids.
- 2 - La haute fidélité aux sites de nidification chez la Cigogne blanche (Barbraud *et al.* 1999) qui survient spécialement après des tentations de reproduction réussies (Vergara *et al.* 2006) qui pourrait expliquer pourquoi les adultes continuent leur comportement de construction même après l'envol des jeunes.

Nous avons aussi pu avoir lors des trois saisons de reproduction que la taille du nid affectait la taille de ponte et le succès de reproduction.

La ponte a commencé le 28, 26 et le 30 Mars en 2002, 2003 et 2004 respectivement avec des périodes de pontes s'étalant entre le 17 Mars- 20 Avril en 2002. En 2003, la ponte s'est étalé entre le 11 Mars- 14 Avril et en 2004, cette dernière a débuté le 10 Mars et s'est prolongé jusqu'au 5 Mai.

Le nombre d'œufs par ponte oscillait entre 2 et 6 avec un mode de taille de ponte 4 pour les trois saisons de reproduction et dans les trois colonies. La moyenne des dimensions des œufs est de  $72,45 \times 51,95$  mm, le volume est en moyenne de  $95,54 \pm 7,71$  cm<sup>3</sup>.

La taille moyenne de ponte dans les nids suivis variait entre 3.2 à 4.8 œufs et était significativement plus importante dans les nids qui ont bénéficié d'une alimentation supplémentaire comparée aux nids sans ce supplément. Elle était la plus faible en 2002, moyenne en 2003 et significativement la plus élevée en 2004, mais il n'y avait pas de différence dans la taille de ponte entre les années 2002 et 2003. Autre fait observé, les colonies avec accès à la nourriture supplémentaire ont débuté leur ponte plus tôt que dans les colonies sans au cours des deux années 2002 et 2004.

La disponibilité alimentaire avait aussi un effet significatif sur le succès d'éclosion, en effet, les pontes issues des colonies de la Cigogne blanche bénéficiant de nourriture supplémentaire avaient un succès d'éclosion élevé par rapport aux pontes dans les colonies sans supplément alimentaire.

Nos résultats appuient donc l'hypothèse de la nourriture supplémentaire qui affecte à la fois la date et la taille de ponte (Newton et Marquiss 1981, Dijkstra *et al.*

1982, Hönfeldt et Eklund 1989, Aparicio 1994, Tortosa *et al.* 2003) et montrent que la Cigogne blanche dans nos colonies, paraît répondre aux conditions environnementales telles que la nourriture supplémentaire et la pluviométrie indépendamment, par un avancement de la date de ponte et l'augmentation de la taille de celle-ci.

Concernant le patron de variation de la taille des œufs à l'intérieur des couvées (intraclutch egg size variation dans la population de Cigogne blanche étudiée

Le 1<sup>er</sup> œuf dans la séquence est plus petit de taille que le deuxième qui est le plus gros de la couvée. La taille des œufs subséquents diminue graduellement avec l'ordre de ponte, finalement la taille diminue abruptement au dernier œuf qui est souvent le plus petit de la couvée. Les différences dans le volume sont significatives entre les œufs pondus en 2<sup>ème</sup> et ceux pondus en 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> position.

Par contre, nous avons assisté à une augmentation du volume des œufs pondus en dernières positions (4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup>) chez les couples de cigogne qui étaient soumis à ce supplément alimentaire par rapport à ceux qui n'en bénéficiaient pas, un phénomène très intéressant pouvant permettre aux oiseaux de contre balancer l'effet d'éclore en dernière position et ses conséquences sur la survie des poussins.

La nourriture supplémentaire a aussi eu un effet très significatif sur le poids des poussins à l'éclosion. En 2002, le poids moyen des poussins issus des nichées avec nourriture supplémentaire était supérieur à celui des poussins des nichées sans supplément alimentaire de même qu'en 2004. Cette augmentation de la masse corporelle dans le groupe d'oiseaux supplémentés serait due à la conséquence de l'augmentation du volume des œufs dans ce même groupe et aussi pourrait émaner de la qualité des œufs. Le volume des œufs a également eu un effet très significatif sur la masse corporelle des poussins à l'éclosion. Les poussins éclos des derniers œufs 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> dans la couvée naissent avec un poids plus élevé quand les parents de la Cigogne blanche sont soumis à la nourriture supplémentaire, résultat très intéressant qui pourrait se répercuter sur la survie des poussins, en effet de la sorte, les poussins marginaux peuvent vivre ; par conséquent ce phénomène pourrait contribuer à la hausse de l'efficacité biologique (fitness) des parents.

Le volume des œufs et la masse des poussins à l'éclosion ont affecté positivement le taux de survie. L'ordre d'éclosion a également eu un effet hautement significatif négatif sur la survie des poussins. En effet un taux de 89,16% d'oiseaux qui avaient survécu appartenait aux trois premiers ordres d'éclosion et uniquement un taux



de 10,84% au quatrième ordre d'éclosion, aucun poussin du cinquième ordre n'a survécu.

Donc on conclut que ce supplément alimentaire provenant des dépotoirs des déchets de la volaille a eu un impact écologique très intéressant concernant le volume des œufs qui à son tour affecte le poids des poussins à l'éclosion et par la suite le taux de survie.

Pour remédier à la grande polémique sur le premier responsable du contrôle de la distribution de la nourriture dans la nichée notamment, chez une espèce à nourrissage indirect, nous avons mené l'expérience de l'échange du poussin senior de la nichée. Les résultats de l'expérience montrent que les parents en recevant un poussin de taille plus grande augmentent la quantité totale de nourriture délivrée à la nichée et donc celle fournie aux poussins seniors, en effet, ces poussins de premier rang consomment une quantité plus grande que les autres poussins de leur nichée. Les parents ont aussi augmenté la taille moyenne des proies.

Les parents de la Cigogne blanche sont donc sensibles à la taille de la nichée et à la taille des poussins, ce qui a favorisé le poussin de premier rang mais pas aux dépens du poussin du dernier rang, du moment que pendant l'année de l'expérience (2004) qui était une année de bonne pluviométrie, les poussins ont montré des asymétries de taille élevées et tardives à l'intérieur des nichées, ceci est la conséquence du développement relativement rapide des poussins seniors au même moment que les poussins juniors sont encore en vie.

On conclut donc que les parents de la Cigogne blanche pourraient maintenir un niveau de contrôle sur la répartition de la nourriture dans la nichée et par conséquent sur la réduction ultérieure de celle-ci, malgré l'utilisation de méthodes indirectes pour le nourrissage des jeunes. L'augmentation relative de la consommation de nourriture par le poussin senior n'a pas affecté leurs frères plus jeunes, au moins, pas sous des conditions environnementales favorables. Cependant, on prévoit qu'à des périodes de mauvaises conditions où la nourriture vient à manquer, les parents de la Cigogne blanche optimiseraient leur effort de recherche de nourriture en sélectionnant des proies de plus grande taille qui nécessitent un coût énergétique plus faible, ce qui pourrait stimuler passivement la réduction de la nichée.

Ce résultat apporte un plus à l'écologie évolutive concernant le phénomène de la réduction de la nichée dans le cas de nourrissage indirect des poussins et nous permet de

dire que dans le cas de la Cigogne blanche, le premier responsable du contrôle de la répartition de la nourriture resteraient les parents.

Le phénomène de l'infanticide parental, rare et très intéressant, concernant le comportement animal en général et les oiseaux en particulier nous a permis d'assister à dix cas d'infanticide parental avec parfois deux cas par nid au cours des trois saisons de reproduction 2002, 2003 et 2004 (10 cas en 2002, 1 en 2003 et 1 en 2004).

La taille de ponte, le succès de reproduction, la date de ponte, la masse corporelle à l'envol, la durée (période) juvénile ne présentent aucune différence significative entre les deux groupes d'oiseaux infanticides et non infanticides, ce qui montre que l'acte de l'infanticide n'est pas commis rien que par des parents de moindre qualité, ceux faisant de petites pontes ou nichant tardivement dans la saison. Par contre l'infanticide survient dans les nichées de plus grande taille. Dans tous les nids sujets d'infanticide, tous les poussins victimes étaient les poussins les plus faibles de la nichée. L'âge moyen auquel l'agression parentale mortelle a eu lieu dans notre étude est de 6,25 jours donc assez tôt au cours de la période d'élevage, Ce qui pourrait influencer directement l'investissement parental, en effet, l'infanticide a eu lieu avant que les poussins entrent dans la phase de nourrissage maximale.

9 cas sur 12 soit 75% des victimes ont été tués par les mâles, pour les trois autres cas le sexe n'a pas pu être déterminé.

On pourrait donc avancer comme hypothèse que l'infanticide dans nos colonies est un moyen d'accélérer la réduction de la nichée quand il est nécessaire (conditions climatiques défavorables qui ont régné spécialement en 2002). Ainsi, en tuant les poussins les plus faibles, les parents pourraient optimiser leur nourrissage et sauvegarder de l'énergie qui très probablement pourrait être perdue en vain. D'autre part, l'infanticide ne touche sélectivement pas les parents de moindre qualité et n'importe quels parents pourraient devenir infanticides, concernant l'acte de l'infanticide qui est commis par les parents mâles dans nos résultats, on peut avancer qu'il supporte l'hypothèse de Tortosa et Redondo (1992), l'hypothèse de la sauvegarde de la valeur reproductrice résiduelle. En conclusion à ces résultats, la valeur adaptative de l'acte de l'infanticide dans nos colonies est justifiée sauf que ce processus reste encore un phénomène pas clairement expliqué et toutes les explications données jusqu'à ce jour ne sont que des hypothèses.

Enfin, pour une meilleure maîtrise de la gestion et conservation de l'espèce, des suivies plus larges sur la fréquentation des décharges et de ces dépotoirs par les cigognes sont à envisager dans le futur car non seulement, ce facteur nouveau affecte directement les paramètres de la reproduction et aussi pourrait avoir une grandeur écologique évolutive du moment que la sédentarité de l'espèce est en grande part causée par ce facteur (nourriture supplémentaire), alors que nous savons que la sédentarité influence directement la condition physique des individus du moment qu'elle leur épargne les inconvénients dus à la migration. Il serait donc nécessaire de suivre ces deux phénomènes qui sont liés et mesurer leurs grandeurs en Algérie pour pouvoir connaître leur rôle actuel et futur sur les décisions individuelles des cigognes qui pourraient déterminer leur efficacité biologique.

La nourriture supplémentaire pourrait être responsable à long terme des changements dans la dynamique des populations et des stratégies migratoires.

A long terme cette nourriture supplémentaire étant impliquée dans le changement de la phénologie de l'espèce pourrait avoir des implications écologiques cachées par exemple, les oiseaux migrateurs revenant des quartiers d'hivernage pendant la saison de reproduction pourraient faire face à une compétition avec la population devenue résidente et de plus en plus dense et qui est capable d'entamer sa reproduction plus tôt et produit plus de poussins.

Il semble très probable que la sélection naturelle est en train d'être perturbée artificiellement comme la nourriture supplémentaire influence presque chaque aspect écologique de l'oiseau tels que la reproduction, le comportement, la démographie et la distribution.

Aussi, les effets de l'approvisionnement des oiseaux en nourriture varieraient clairement à une échelle spatiotemporelle et l'évidence des répercussions des effets de l'année en cours sur l'année suivante indique le mérite de mener ces observations sur plusieurs années et sur de multiples sites.

D'une autre part, nous recommandons des études plus poussées sur le comportement de construction des nids dont les travaux dessus sont rares (Vergara *et al.* 2010) et qui reste encore un terrain vaste pour la recherche surtout dans son influence sur l'efficacité biologique (fitness) des individus chez les espèces qui réutilisent les nids (Nest reusers) comme la Cigogne blanche.

## *Références bibliographiques*

## Références bibliographiques

- Ackerman J.T. & Eadie J. 2003.** Current versus future reproduction: an experimental test of parental investment decisions using nest desertion by mallards (*Anas platyrhynchos*). *Behav. Ecol. & Sociobiol.* 54: 294-273.
- Aguilera E. 1990.** Parental infanticide by white spoonbills *Platalea leucorodia*. *Ibis* 132: 124-125.
- Aguirre J. I. 2006.** Factores que afectan a la supervivencia juvenil de la Cigüeña blanca *Ciconia ciconia*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- Alonso J. A., Alonso J. C. & Carrascal L. M. 1991.** Habitat selection By foraging White Storks, *Ciconia ciconia*, during the breeding season. *Can. J. Zool.* 69: 1957- 1962.
- Alonso J. A., Alonso J. C., Carrascal L. M. & Muñoz-Pulido. 1994.** Flock size and foraging decisions in central place foraging White Storks, *Ciconia ciconia*. *Behaviour* 129: 3-4.
- Amat J.A., Fraga R. M. & Arroyo G. M. 2001.** Intraclutch egg-size variation and offspring survival in the Kentish Plover *Charadrius alexandrinus*. *Ibis* 143: 17-23.
- Amundsent T. & Slagsvold T. 1998.** Hatching asynchrony in great tits: a bet hedging strategy. *Ecology* 79: 295-304.
- Anderson D. J. 1991.** Parent blue-footed boobies are not infanticidal. *Ornis Scand.* 22: 169-170.
- Anderson D.J. Budde C. Apanius V. Martínez J. Bird D.M. & Weathers W. 1993.** Prey size influences female competitive dominance in nestling American kestrels (*Falco sparverius*). *Ecology* 74: 367-376.
- Aparicio J. M. 1994.** The seasonal decline in clutch size: an experience with supplementary food in the Kestrel, *Falco tinnunculus*. *Oikos* 71: 451-458.
- Aparicio J. M. 1999.** Intraclutch Egg-Size Variation in the Eurasian Kestrel: Advantages and Disadvantages of hatching from Large Eggs. *The Auk* 116 (3): 825-830.
- Aparicio J. M. & Bonal R. 2002.** Effects of food supplementation and habitat selection on timing of Lesser kestrel breeding. *Ecology* 83: 873-877.
- Arcese P. & Smith J. M. 1988.** Effects of population density and supplemental food on reproduction in Song sparrows. *J. Anim. Ecol.* 57: 119-136.
- Arnold J. M. Hatch J. J. & Nisbet I. C. 2004.** Seasonal declines in reproductive success of the common tern *Sterna hirundo*: timing or parental quality? *J. Avian Biol.* 35: 33-45.
- Arroyo B., Leroux A. & Bretagnolle V. 1998.** Patterns of egg and clutch size variation in the Montagu's Harrier. *J. Raptor Resea.* 32 (2): 136-142.
- Ashkenazi S. & Yom-Tov Y. 1997.** The breeding biology of the Black-crowned Night-Heron (*Nycticorax nycticorax*) and the Little Egrett (*Egretta garzetta*) at the Hulch Nature reserve. *J. Zool.* 242: 623-641.
- Bagnouls F. & Gaussen H. 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. Doc. Carte.
- Bairlein F. 1981.** Analyse der Rhingfunde von Weissstörchen *Ciconia ciconia* aus Mitteleuropa westlich der Zugscheide : Zug, Winter quartier und Sommerv Verbreitung vor der Bruteife. *Vogelwarte* 31: 33- 44.

- Bairlein, F. 1991.** Population Studies of White Storks *Ciconia ciconia* in Europe, with reference to the Western population Studies: Relevance to Conservation and Management ( *C. Perrins, J. D. Lebreton and Hirons, Eds*). Oxford: Oxford University Press.
- Bairlein F. & Zink G. 1979.** Der Bestand des Weisstorches in Süd-west Deutschland: Eine analyse des Bestandsentwicklung. *J. Ornithol.* 120: 1-11.
- Balmori A. 2005.** possible effect of electromagnetic fields from phone masts on a population of white stork (*Ciconia ciconia*). *Electrom Biol. Med.* 24: 109-119.
- Bañbura J. & Zieliński P. 1995.** A clear case of sexually selected infanticide in the Swallow *Hirundo rustica*. *J. Ornithol.* 136: 299-301.
- Barbraud C. & Barbraud J.C. 1997.** Le régime alimentaire des poussins de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Charente maritime: Importance des insectes. *Alauda* 23 : 259-262.
- Barbraud C., Barbraud J.C. & Barbraud M. 1999.** Population dynamics of the White Stork *Ciconia ciconia* in western France. *Ibis* 141: 469-479.
- Bengtsson H. & Ryden O. 1983.** Parental feeding rate in relation to begging. *Behav. Ecol. & Sociobiol.* 12: 243-251.
- Bernis F. 1981.** La migración de las cigüeñas españolas. Estudios y tablas de censos, periodo 1948-1974. Publicaciones de la Cátedra de Zoología de Vertebrados. Universidad Complutense de Madrid. 185 p.
- Bernis, F. 1995.** Iberian White Storks: Their ecogeographical context and recent population trends. Pages 21-25 in Proceedings of the International Symposium on the White Stork ( Western Population) (*O. Biber, p. Enggist C. Marti and T. salathé, Eds.*). Basel 1994.
- Bevanger K. 1994.** Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigating measures. *Ibis* 136: 412-425.
- Blanco G. 1996.** Population Dynamics and Communal Roosting of White Storks Foraging at a Spanish Refuse Dump. *Colon. Waterbirds* 19 (2) : 273-276.
- Blount J. D., Surai P. F., Nager R. G. 2002.** Carotenoids and egg quality in the lesser black-backed gull *Larus fuscus*: a supplemental feeding study of maternal effects. *Proc. R. Soc. Lond. B. Bio.* 69: 29-36.
- Bocheński M. & Jerzak L. 2006.** Behaviour of the white stork *Ciconia ciconia*: a review. — In: *Tryjanowski, P., Sparks, T. H. & Jerzak, L. (eds)*, The white stork in Poland: studies in biology, ecology and conservation: 297–324. *Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań*.
- Boersma P. D. 1982.** Why some birds take so long to hatch. *Am. Nat.* 120: 733-750.
- Boersma P.D. 1991.** Asynchronous hatching and food allocation in the Magellanic penguin *Spheniscus magellanicus*. *Acta XX Congr. Int. Ornithol. II*: 961-973.
- Bogucki Z. & Ozgo M. 1999b.** A method to determine a White Stork *Ciconia ciconia* egg volume. In Schulz H. (ed.): Weisstorch im Aufwind? – White Stork on the up? – Proceeding Internat. Symp. On the White Stork, Hambourg 1996. NABU (Naturschutzbund Deutschland). *Bonn*: 451-457.
- Bollinger P.B. 1994.** Relative effects of hatching order, egg-size variation, and parental quality on chick survival in Common Terns. *The Auk* 111: 263-273.
- Bouet G. 1936.** Nouvelles recherches sur les Cigognes blanches d'Algérie. *L'oiseau et R.F.O.* 6 : 281-301.

- Bouet G. 1956.** Une mission ornithologique en Algérie en 1955. Nouvelles recherches sur les cigognes. *L'oiseau et R.F.O* 26 : 227-240.
- Boukhemza M. 2000.** Etude bio-écologique de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L., 1775) et du Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis* L., 1775) en Kabylie : Analyse démographique, éthologique et essai d'interprétation des stratégies trophiques. Thèse Doctorat d'état, Inst. Natio., Agro., El Harrach, 188 p.
- Boukhemza M., Doumandji S. & Bentamer N. 1997.** Sur l'importance des insectes dans le spectre alimentaire de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L., 1775) dans la vallée de la Sébaou, région de Kabylie, Algérie. *Rev. Sci. Tech. Univ. Constantine*. 8 : 81-89.
- Boukhemza M., Righi M., Doumandji S. & Hamdine W. 1995.** Le régime alimentaire de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L., 1775) dans la vallée du Sébaou, région de Kabylie, Algérie. *Alauda* 63 : 199-207.
- Booth D. T. 1987.** Effect of temperature on development of Mallee Fowl *Leipoa ocellata* eggs. *Physiol. Zool.* 60 : 437-445.
- Borowski S. 1963.** Effect of oecological agents on the breeding of the White Stork *Ciconia ciconia* (L.) in Bialowieza in 1960. *Przegl. Zool.* 7 : 60-62.
- Bortolotti G. R. & Wiebe K. L. 1993.** Incubation behaviour and hatching patterns in the American Kestrel *Falco sparverius*. *Ornis Scand.* 24: 41-47.
- Bounechada M. 2007.** Recherches sur les Orthoptères. Etude bioécologique et essais de lutte biologique sur *Ocneridia volxemi* Bol. (Orthoptera, Pamphagidae) dans la région de Sétif. Thèse Doc. Es-Scie., Univ. Sétif ; 129 p.
- Bourgault P. Caro S. P. & Perret P. 2006.** Do Blue Tits time their breeding based on cues obtained by consuming buds? *J. Field Ornithol.* 77: 399–403.
- Boutin S. 1989.** Food supplementation experiments with terrestrial vertebrates: Patterns, problems, and the future. *Can. J. Zool.* 68: 203–220.
- Boutin S. 1990.** Food supplementation experiments with vertebrates : patterns, problems and the future. *Can. J. Zool.* 68 : 203-220.
- Briskie J. V. & Sealy S. G. 1990.** Variation in size and shape of Least Flycatcher eggs. *J. Field Ornithol.* 61: 180-191.
- Bryant D. M. 1978.** Establishment of weight hierarchies in the broods of house martins, *Delichon urbica*. *Ibis* 120: 16-26.
- Carlisle T. R. 1982.** Brood success in variable environments: implication for parental care allocation. *Anim. Behav.* 30: 824-836.
- Carlisle T. R. 1985.** Parental response to brood size in a cichlid fish. *Anim. Behav.* 33: 234-238.
- Cartar R. V. & Montgomerie R. B. 1985.** The influence of weather on incubation scheduling of the white-rumped sandpiper (*Calidris fuscicollis*): a uniparental incubator in a cold environment. *Behavior* 95: 261–269.
- Cash K. J. & Evans R. M. 1986.** Brood reduction in the American white pelican (*Pelicanus erythrorhynchos*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 18: 413-418.
- Castro I., Brunton D. H., Mason K. M., Ebert B., Griffiths R. 2003.** Life history traits and food supplementation affect productivity in a translocated population of the endangered Hihi (*Stitchbird*, *Notiomystis cincta*). *Biol. Conserv.* 114: 271–280.

- Ceballos O. & Donazar, J. A. 1990.** Roost – trees characteristics, food habits and seasonal abundance of roosting Egyptian vultures in northern Spain. *J. Raptor Resea.*, 24: 19-25
- Chaumont M. & Paquin C. 1971.** Carte pluviométrique de l'Algérie, 1/500 000, 4 feuilles Notice, *Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Alger*.
- Christians J.K. 2002.** Avian egg size: variation within species and inflexibility within individuals. *Biol. Reviews* 77: 1–26.
- Christians J. K., Evansson M., & Aiken J. 2001.** Seasonal decline in clutch size in European starlings: a novel randomization test to distinguish between the timing and quality hypotheses. *J. Anim. Ecol.* 70: 1080–1087.
- Cichon M. 1997.** Egg Weight variation in Collared Flycatchers *Ficedula albicollis*. *Ornis fennica* 74: 141-147.
- Clark A. B. & Wilson D. S. 1981.** Avian breeding adaptations: hatching asynchrony, brood reduction, and nest failure. *Q. Rev. Biol.* 56: 253-277.
- Clifford L. D. & Anderson D. J. 2001.** Food limitation explains most clutch size variation in the Nazca booby. *J. Anim. Ecol.* 70: 539-545.
- Clutton-Brock T.H. 1991.** The evolution of parental care. *Princeton University Press*, Princeton, New Jersey.
- C.M.S. 2005.** Annuaire du Centre météorologique de Sétif.
- Coleman R. M. & Whittall R. D. 1988.** Clutch size and the cost of incubation in the Bengalese finch (*Lonchura striata* var *domestica*). *Behav. Ecol. Socibiol.* 23: 367–372.
- Collias E. C. & Collias N. E. 1984.** Nest building and bird behaviour. *Princeton university Press*. Princeton.
- Cote M. 1987.** Les régions bioclimatiques de l'Est Algérien. Univ. Constantine, CURER, 18 p.
- Cramp S. & Simmons K.E.L. 1977.** The birds of the Western Palearctic. Vol. I. *Oxford University Press*. Oxford.
- Dallinga J.H. & Schoenmakers S. 1987.** Regional decrease in the number of White Storks (*Ciconia ciconia*) in relation to food resources. *Col. Waterbirds* 10: 167-177.
- Daniluk J., Daniluk A. K. & Mitrus C. 2006.** Changes in population size, breeding success and nest location of a local White Stork *Ciconia ciconia* population in eastern Poland. In *Tryjanowski & al.. (eds)*. The White Stork in Poland: Studies in biology, ecology and conservation. *Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań*.
- Del Hoyo J. Elliot A. & Sargatal J. 1992.** Family Ciconiidae (Storks). Hand-book of the Birds of the World. Vol 1:436-465. Barcelona: *Lynx editions*
- Denac D. 2006.** Ressource-dependent weather effect in the reproduction of the white stork *Ciconia ciconia*. *Ardea* 94: 233-240.
- De Neve L. Fargallo J. A. Polo V. Martín J. & Soler M. 2006.** Subcolony characteristics and breeding performance in the chinstrap penguin *Pygoscelis Antarctica*. *Ardeola* 53: 19-29.
- De Neve L. & Soler J. J. 2002.** Nest-building activity and laying date influence female reproductive investment in magpies : an experimental study. *Anim. Behav.* 63: 975-980.



- De Neve L., Soler J. J., Soler M. & Pérez-Contreras T. 2004.** Nest size predicts the effect of food supplementation to magpie nestlings on their immunocompetence : an experimental test of nest size indicating parental ability. *Behav. Ecol.* 15: 1031- 1036.
- Dijkstra C., Vuursteen D. S. & Masman D. 1982.** Clutch size and laying date in the Kestrel *Falco tinnunculus*: Effect of supplementary food. *Ibis* 124: 210–213.
- Djerdali S., Tortosa F. & Doumandji S. 2008a.** Do White stork (*Ciconia ciconia*) parents exert control over food distribution when feeding is indirect?. *Ethol. Ecol. Evol.* 20: 361-374.
- Djerdali S., Tortosa F., Hillstrom L. & Doumandji S. 2008b.** Food supply and external cues limit the clutch size and hatchability in the White stork *Ciconia ciconia*.. *Acta Ornithol.* 43: 145-150.
- Donàzar, J. A. 1992.** Muladares y basureros en la biología y conservación de aves en España. *Ardeola* 32: 29-40.
- Drent R.H. & Daan S. 1980.** The prudent parent: energetic adjustments in avian breeding. *Ardea* 68: 225-252.
- Drummond H. & Garcia-Chavelas C. 1989.** Food shortage influences sibling aggression in the blue-footed booby. *Anim. Behav.* 37: 806-819.
- Drummond H., Gonzalez E. & Osorno J. L. 1986.** Parent-offspring cooperation in the blue-footed booby (*Sula nebouxii*): Social roles in infanticidal brood reduction. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 19: 365-372.
- Dybbro T. 1972.** Population studies on the White stork in Denmark. *Ornis. Scand.* 3: 91-97.
- El Aghbani M. A. & Dakki M. 1999.** Recensement de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* au Maroc durant le printemps-été 1995. In H. Schulz (ed.). Weisstorch im Aufwind ? White Stork on the up ? Proceedings Inter. Sym. White Stork. Hambourg 1996. NABU, Bonn : 69-80.
- Emberger L. 1952.** Sur le quotient pluviométrique. *C.R. Acad. Sci.*: 2508-2510.
- Emberger L. 1955.** Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Lab. Géol. Bot. Zool.*, Fac. Sci. Montpellier, 7: 1-43.
- Evans, M. R. & Burn, J. L. 1996.** An experimental analysis of mate choice in the wren: a monomorphic, polygynous passerine. *Behav. Ecol.* 7: 101–108.
- Fargallo J. A. Dávila J. A. Potti J. De León A. & Polo V. 2004.** Nest size and hatching sex ratio in chinstrap penguins. *Polar Biology* 27: 339-343.
- Fargallo J. A. de León A. & Potti J. 2001.** Nest maintenance effort and health status in chinstrap penguins, *Pygoscelis antarctica* : the functional significance of stone provisioning behaviour. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 50: 141-150.
- Feld W. 1991.** Storks killed by electrocution in Bade-Württemberg – protection of flying birds. In European White storks. *Proc. Int. Workshop.* Metz, France: 305-308. Institut Européen d'Ecologie.
- Fenni M. 2003.** Etude des mauvaises herbes des céréales d'hiver des hautes plaines constantinoises. Ecologie, dynamique, phénologie et biologie des bromes. Thèse Doctorat, Dpt. Biol., Univ. Sétif ,165 p.
- Fernandez-Cruz M. & Sarasa, C. G., 1998.** Migración postnupcial de la Cigüeña Blanca (*C. Ciconia*) en el estrecho de Gibraltar: caracterización de las poblaciones de la Península Ibérica y de Europa. *Almoraima* 19: 209-216.
- Ferreti V., Llambli P.E. & Martin T. E. 2005.** Life-history variation of a neotropical thrush challenges food limitation theory. *Proc. R. Soc. B* 272: 769-773.

- Fielder G. & Wissner A. 1980.** Freileitungen als tödliche Gefahr für Störche *Ciconia ciconia*. (Overhead electric lines as a mortal danger to storks *Ciconia ciconia*). *Ökol. Vögel (Ecol. Birds)* 2: 59-109.
- Forbes L.S. 1991.** Hunger and food allocation among nestlings of facultatively siblicidal ospreys. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 29: 189-196.
- Forbes L.S. 1993.** Avian brood reduction and parent-offspring "conflict". *Am. Naturalist* 142: 82-117.
- Forbes S. & Glassey B. 2000.** Asymmetric sibling rivalry and nestling growth in red-winged blackbirds (*Agelaius phoeniceus*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 48: 413-417.
- Forbes L.S. & Mock D. W. 1996.** Food, information and avian brood reduction. *Ecoscience* 3: 45-53.
- Frederick C. P. & Collopy M. 1989.** Researcher disturbance in colonies of Wading birds: Effects of frequency of visit and ehh-marking on reproductive parameters. *Colon. Waterbirds* 12: 152-157.
- Fry C. 1982.** Destruction of European White storks in Nigeria by shooting. *Malimbus* 4: 47.
- Fujioka M. 1986.** Infanticide by a male parent and by a new female mate in colonial Egrets. *The Auk* 103: 919-921.
- Gaston A. J. 1997.** Mass and date at departure affect the survival of Ancient Murrelet *Synthliboramphus antiquus* chicks after leaving the colony. *Ibis* 139: 673-678.
- Gehlbach F. R., Roberts J. C. 1997.** Experimental of suburban Eastern Screech-Owls *Otus asio* has few effects on reproduction apart from non-experimental factors. *J. Avian Biol.* 28: 38-46.
- Géroudet P. 1978.** Grands Echassiers, Gallinacées, Râles d'Europe. *Delachaux-Niestlé, Paris*.
- Gill V. A., Hatch S. A., Lanctot R. B. 2002.** Sensitivity of breeding parameters to food supply in Black-legged Kittiwakes *Rissa tridactyla*. *Ibis* 144: 268-283.
- Giraudoux p. 1978.** Fang von Weißstörchen auch in Niger. *Vogelwarte* 29: 276-277.
- Godfray H. J., Partridge L., Harvey P. H. 1991.** Clutch size. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 22: 409-429.
- Gómez- Tejedor H. & De Lope F. 1993.** Sucesión fenológica de las aves no passeriformes en el vertedero de Badajoz. *Ecología* 7: 419-427.
- González L. M., Margalida A., Sánchez R. & Oria j. 2006.** Supplementary feeding as an effective tool for improving breeding success in the Spanish imperial eagle (*Aquila adalberti*). *Biol Conserv.* 129: 477-486.
- Goodburn S.F. 1991.** Territory quality or bird quality? Factors determining breeding success in the Magpie *Pica pica*. *Ibis* 133: 85-90.
- Goriup, P. D. & Schulz, 1991.** Conservation management of the White Stork : an International need and Opportunity. In *Conserving migratory Birds*. International Council for birds Protection Technical Publication No. 12.
- Gorman H. E., Nager R. G. 2003.** State-dependent incubation behaviour in the Zebra finch. *Anim. Behav.* 65: 745-754.
- Gottlander K. 1987.** Parental feeding behaviour and sibling competition in the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca*. *Ornis Scand.* 18: 269-276.
- Grindstaff, J.L., Brodie, E.D. III & Ketterson, E.D. 2003.** Immune function across generations: integrating mechanism and evolutionary process in maternal antibody transmission. *Proc. Roy. Soc. of London, Series B, Biol. Sci.* 270, 2309-2319.

- Grindstaff, J.L., Demas, G.E. & Ketterson, E.D. 2005.** Diet quality affects egg size and number but does not reduce maternal antibody transmission in Japanese quail *Coturnix japonica*. *J. Anim. Ecol.* **74**: 1051–1058.
- Grishchenko V. N. 2004.** Number dynamics of the White Stork in Ukraine in 1994-2003. *Berkut* **13** (1): 38-61.
- Guziak R. E & Jakubiec Z. 1999.** Der Weissstorch *Ciconia ciconia* in Polen im Jahr 1995. Verbreitung, Bestand und Schutzstatus. In Gómez-Tejedor H. & De Lope F. 1993. Phenology of non passerine birds in the rubbish dump of Badajoz. *Ecologia* **7**: 419-427.
- Groothuis T.G.G., Eising C.M., Blount J.D., Surai P., Apanius V., Dijkstra C. & Müller W. 2006.** Multiple pathways of maternal effects in blackheaded gull eggs: constraint and adaptive compensatory adjustment. *J. Evol. Biol.* **19**: 1304–1313.
- Groothuis T.G.G., Eising C.M., Dijkstra C. & Müller W. 2005.** Balancing between costs and benefits of maternal hormone deposition in avian eggs. *Biol. Letters* **1**: 78–81.
- Hadji K. 1998.** Etude bioécologique de la cigogne blanche *Ciconia ciconia* et du Héron garde boeufs *Bubulcus ibis* dans la région des hautes plaines sétifiennes. Mémoire de D.E.S., Université F. Abbas, Sétif, Algérie ; 69 p.
- Haftorn S. 1988.** Incubating female passerines do not let the egg temperature fall below the physiological zero temperature during their absences from the nest. *Ornis Scand.* **19**: 97–11.
- Hahn C. 1981.** Asynchronous hatching in the Laughing Gull: Cutting losses and reducing rivalry. *Anim. Behav.* **29**: 421-427.
- Haig D. 1990.** Brood reduction and optimal parental investment when offspring differ in quality. *Am. Naturalist* **136**: 550-556.
- Hamilton W. D. 1964.** The evolution of social behaviour. *J. Theoret. Biol.* **7**: 1-52.
- Hrdy S. B. 1979.** Infanticide among animals: a review, classification and examination of the implications for the reproductive strategies of females. *Ethol. Sociobiol.* **1** : 13-40.
- Hoi H., Schleicher B. & Valera F. 1994.** Female mate choice and nest desertion in penduline tits, *Remiz pendulinus*: the importance of nest quality. *Anim. Behav.* **48**: 743-746.
- Horsfall J. 1984.** Brood reduction and avian brood division in coots. *Anim. Behav.* **32**: 216-225.
- Hörnfeldt B. & Eklund U. 1990.** The effect of food on laying date and clutch size in Tengmalm's Owl *Aegolius funereus*. *Ibis* **132**: 395-406.
- Howe H. F. 1976.** Egg, hatching asynchrony, sex and brood reduction in the Common Grackle. *Ecology* **57**: 1195-1207.
- Hurlbert S. H. 1984.** Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol. Monogr.* **54**: 187–211.
- Jakubiec Z. 1985.** Population of White Stork *Ciconia ciconia* L. in Poland. Part I. Number and reproduction of the White stork according to results of field control and inquiry data. *Studia Nat. A* **28**: 1-262.
- Jakubiec Z. 1991.** Causes of breeding losses and adult mortality in white stork *Ciconia ciconia* (L.) in Poland. *Studia Naturae* **37**: 107-124.

- Jager T. D., Hulscher J. B. & Kersten M. 2000.** Egg size, egg composition and reproductive success in the Oystercatcher *Haematopus ostralegus*. *Ibis* 142: 603-613.
- Janss G. F. E. & Sanchez I. 1997.** Productivity of white storks at different nest sites. *Ardeola* 44: 101-103.
- Jovani R. & Tella J. L. 2004.** Age-related environmental sensitivity and weather mediated nestling mortality in white storks *Ciconia ciconia*. *Ecography* 27: 611-618.
- Kaâbeche M. 1990.** Les groupements végétaux de la région de Boussaâda (Algérie). Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Thèse Doc. Sci., Univ., Paris Sud (Orsay); 104 p.
- Källander H. 1974.** Advancement of laying of Great Tits by the provision of food. *Ibis* 116: 365-367.
- Kanyamibwa S. 1991.** Dynamique des populations de Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) en Europe occidentale : contribution à la conservation des populations naturelles. Unpublished PhD thesis, University of Montpellier II, France.
- Kanyamibwa, S., Barlain, F. & Shierer, A. 1993.** Comparison of survival rates between populations of White Stork *Ciconia ciconia* in Central Europe. *Ornis Scand.* 24: 297-302.
- Kanyamibwa S., Shierer A., Pradel R. & Lebreton J.D. 1990.** Changes in adult annual survival rates in a western European population of the White stork *Ciconia ciconia*. *Ibis* 132: 27-35.
- Karell P., Kontiainen P., Pietiäinen H., Siitari H. & Brommer J. E. 2008.** Maternal effects on offspring Igs and egg size in relation to natural and experimentally improved food supply. *Funct. Ecol.* 22: 682-690.
- Khal M.P. 1972.** Comparative ethology of the Ciconidae. Part. 4. the typical storks (Genera *Ciconia*, *Sphenorhynchus*, *Dissoura*, and *Euxenura*). *Zeit. Tierpsycho.* 30: 225-252.
- Kherfi S. 2008.** Etude de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L. 1758). Espèce protégée en Algérie : Dénombrement national des effectifs nicheurs et approche écologique dans la Wilaya de Sétif. Mémoire Ing. Agr., I.N.A El Harrach ; 62 p.
- Kirkpatrick M. & Ryan M. J. 1991.** The evolution of mating preferences and the paradox of the lek. *Nature* 350: 33-38.
- Kleindorfer S. 2007.** Nesting success in Darwin's small tree finch, *Camarhynchus parvulus*: evidence of female preference for older males and more concealed nests. *Anim. Behav.* 74: 795-804.
- Klokowski J. 2001.** Temporal patterns of resource distribution in the Red-Necked Grebe: equalizing the share of the survivors. *Behaviour* 138: 1355-1370.
- Kłosowski G., Kłosowski T. & Zielinski P. 2002.** A case of parental infanticide in the black stork *Ciconia nigra*. *Avian Science* 2: 56-59.
- Konarzewski M. 1993.** The evolution of clutch size and hatching asynchrony in altricial birds: the effect of environmental variability, egg failure and predation. *Oikos* 67: 97-106.
- Kontiainen P., Brommer J.E., Karell P. & Pietiäinen H. 2008.** Heritability, plasticity and canalisation of Ural owl egg size in a cyclic environment. *J. Evol. Biol.* 21: 88-96.
- Korpimäki E. & Wiehn J. 1998.** Clutch size of Kestrels: seasonal decline and experimental evidence for food limitation under fluctuating food conditions. *Oikos* 83: 259-272.
- Kovacs K. & Lydersen C. 1996.** Grey seal cannibalism. *Marine Mammal Science* 12: 161.

- Kozłowski J. & Stearns S. C. 1989.** Hypotheses for the production of excess zygotes: models of bet-hedging and selective abortion. *Evolution* 43: 1369-1377.
- Krebs J. R. & Davies N. B. 1987.** An Introduction to Behavioural Ecology. 2<sup>nd</sup> ed. *Blackwell Scientific publications*, Oxford.
- Krebs J. R. & Davies N. B. 1993.** *Behav. Ecol.*: An evolutionary approach. *Blackwell Scientific publications*, Oxford.
- Krebs E. A., Cunningham R.B. & Donnelly C.F. 1999.** Complex patterns of food allocation in asynchronously hatching broods of crimson rosellas. *Anim. Behavi.* 57: 753-763.
- Lack D. 1947.** The significance of clutch size. *Ibis* 89: 302-352.
- Lack D. 1954.** The natural regulation of animal numbers. *Clarendon Press*. Oxford.
- Lahlah N., Chabi Y., Bañbura M. & Bañbura J. 2006.** Breeding biology of the House Martin *Delichon urbica* in Algeria. *Acta Ornith.* 41: 113-120.
- Lammey T. C., Mock D. W. 1991.** Nonaggressive brood reduction in birds. *Acta XX Cong. Int. Ornithol.* 1741-1751.
- Lauthe P. 1977.** La Cigogne blanche en Tunisie. *L'oiseau et R.F.O.* 47 : 224-242.
- Lázaro E., Chozas P. & Fernandez-Cruz M. 1986.** Demografía de la cigüña blanca (*Ciconia ciconia*) en España censo nacional de 1984. *Ardeola* 33 : 131-169.
- Lebreton J.D. 1978.** Un modèle probabiliste de la dynamique des populations de Cigogne blanche *Ciconia ciconia* L. En Europe occidentale. In *Legay J.M. & Tomassone R. (eds.) Biométrie et Ecologie*, Vol. 1: 277-343. Paris: Société Française de Biométrie.
- L'Hôte Y., Mahé G., Somé B. & Triboulet J. P. 2002.** Analysis of a Sahelian index from 1996 to 2000, the drought continues. *Hydrol. sci. J.* 47: 563-572.
- Lloyd P. 1999.** Rainfall as a breeding stimulus and clutch size determinant in South African arid-zone birds. *Ibis* 141: 637-643.
- Macedo R. H. E., Gabrielo M., Muniz L. 2001.** Context and frequency of infanticide in communally breeding *Guira Cuckoos*. *Condor* 103: 170-175.
- Mackintosh M. A. & Briskie J. V. 2005.** High levels of hatching failure in an insular population of the South Island robin: a consequence of food limitation? *Biol. Conserv.* 122: 409-16.
- Magrath R.D. 1990.** Hatching asynchrony in altricial birds. *Biol. Reviews* 65: 587-622.
- Magrath R.D. 1991.** Nestling weight and juvenile survival in the blackbird, *Turdus merula*. *J. Anim. Ecol.* 60: 335-351.
- Marti R. 1999.** Results of the 5th International White Stork Census (1994) in Spain. In H. Shulz (ed.), *Weisstorch im Aufwind? White Stork on the up. Proceedings Intern. Symp. White Stork. Hamburg 1996. NABU, Bonn*: 89-96.
- Martin T. E. 1987.** Food as a limit on breeding birds: a life-history perspective. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18: 453-486.
- Martin T. E. 1995.** Avian life history evolution in relation to nest sites, nest predation, and food. *Ecol. Monogr.* 65: 101-127.

- Martínez-De la Puente J., Merino S., Lobato E., Moreno J., Tomás G. & Morales J. 2009.** Male nest-building activity in pied flycatcher *Ficedula hypoleuca*. *Bird study* 56: 264-267.
- Martínez, E. 1995.** El uso de vertederos por la Cigüeña Blanca como nuevas fuentes de alimentación. In: Biber, O., Enggist, P., Martí, C. & Salathé, T. (Eds.): *Proc. Int. Symp. White Stork (western population)*, pp. 159-162.
- Massemin-Challet S. & Gendner J. P., Samtmann S. 2006.** Effect of migration and food availability on white Stork *Ciconia ciconia* breeding success. *Ibis* 148: 503-508.
- Maynard Smith J. 1977.** Parental investment: A prospective analysis. *Anim. Behav.* 25: 1-9.
- Meathrel C E., Bradley J. S. Wooller R.D. & Skira I.J. 1993.** The effects of parental condition on egg size and reproductive success in short-tailed shearwaters *Puffinus tenuirostris*. *Oecologia* 93: 162- 164.
- Meathrel C E. & Carey M. J. 2007.** How important are intrinsic factors to natal recruitment in Short-tailed Shearwaters *Puffinus tenuirostris*? *J. Ornithol.* 148: 385- 393.
- Mebarki M. 1984.** Ressources en eau et aménagement en Algérie: le bassin du Kébir Rhumel. O.P.U., Alger, 302 p.
- Meijer T., Daan S. & Hall M. 1990.** Family planning in the kestrel *Falco tinnunculus*: The proximate control of covariation of laying date and clutch size. *Behaviour* 114: 117-136.
- Mendelssohn, H. & Yom-Tov, Y. 1999.** A report of birds and mammals which have increased their distribution and abundance in Israel due to human activity. *Isr. J. Zool.* 45: 35-47.
- Meybohm E. & Dahms G. 1975.** Über Altersaufbau, Reifealter und ansiedlung beim Weißstorch im Nordsee-Küstenbereich. *Vogelwarte* 28: 44-61.
- Meybohm E. & Fielder G. 1983.** Neue Fälle von hohem Alter, Ortstreue, Um-und Fernsiedlung und anderen brutbiologischen Befunden beim Weißstorch (*Ciconia ciconia*). *Die Vogelwarte* 32: 14-22.
- Moali A., Akil A. & Isenmann P. 1992.** Decline of the White Stork in an area of Central Algeria. *Vogelwarte* 36: 326-328.
- Moali A. & Moali-Grine 1995.** Etat actuel de la population de la Cigogne blanche en Algérie: effectifs et distribution. In : Biber, O., Enggist, P. Marti, C. and Salathé, T. (eds) : *Proceedings of the international Symposium on White Stork ( Western Population)*, Basel: 89-90.
- Moali-Grine N. 1994.** Ecologie et biologie des populations de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Algérie : effectifs, distribution et reproduction. Thèse de magister. Université de Tizi Ouzou. 85 p.
- Moali-Grine N. 2007.** Dynamique de la population de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Algérie depuis 1995. *Ostri. J. Afri. Ornithol.* 78 : 291-293.
- Moali-Grine N., Moali A. & Isenmann P. 1995.** The White Stork *Ciconia ciconia* census 1993 in Algeria. *Vogelwarte* 38: 35-40.
- Moali A , Moali-Grine N., & Isenmann P. 1999.** The White stork *Ciconia ciconia* 1994-1995 breeding census in Algeria. In H. Schulz (ed.), *Weisstorch im Aufwind? White Stork on the up*. *Proceedings Intern. Symp. White Stork*. Hamburg 1996. NABU, Bonn: 89-96.
- Moali-Grine N., Moali A. & Isenmann P. 2004.** L'essor démographique de la Cigogne Blanche *Ciconia ciconia* en Algérie entre 1995 et 2001. *Alauda* 72: 47-52.
- Mock D. W. 1984 a.** Infanticide, siblicide, and avian nestling mortality. Pages 3-30 in G. Hausfater & S. B. Hrdy (ed). *Infanticide: Comparative and Evolutionary Perspectives*.

- Mock D. W., Drummond H. & Stinson C. H. 1990.** Avian siblicide. *Am. Sci.* 78: 338-449.
- Mock D. W. & Forbes L. S. 1992.** Parent-offspring conflict, a case of arrested development? *Trends Ecol. Evol.* 7: 409-412.
- Mock D. W. & Forbes L. S. 1995.** The evolution of parental optimism. *Trends Ecol. Evol.* 10 : 130-134.
- Mock D. W., Lamey T. C., Williams C. F. & Pelletier A. 1987.** Flexibility in the development of heron sibling aggression: an intraspecific test of the prey size hypothesis. *Anim. Behav.* 35: 1386-1393.
- Mock D.W. & Parker G.A. 1986.** Advantages and disadvantages of Egret and Heron brood reduction. *Evolution* 40: 459-470.
- Mock D.W. & Parker G.A. 1997.** The evolution of sibling rivalry. *Oxford University Press*, Oxford.
- Mock D.W. & Ploger B.J. 1987.** Parental manipulation of optimal hatch asynchrony in Cattle Egrets: An experimental study. *Anim. Behav.* 35: 150-160.
- Molina B. & Del Moral J.C. 2005.** La Cigüeña Blanca en España. VI Censo Internacional (2004). SEO/BirdLife, Madrid.
- Moreno J. & Carlson A. 1989.** Clutch size and the costs of incubation in the Pied flycatcher *Ficedula hypoleuca*. *Ornis Scand.* 20: 123–128.
- Moreno J., Martínez J., Corral C., Lobato E., Merino S., Morales J., Martínez-De la Puente J. & Tomás G. 2008.** Nest construction rate and stress in female pied flycatchers *Ficedula hypoleuca*. *Acta ornithol.* 43: 57-64.
- Moreno J. & Sanz J. 1994.** The relationship between the energy expenditure during incubation and clutch size in the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca*. *J. Avian Biol.* 25: 125–130.
- Moreno J., Soller M., Møller A. P. & Lindén M. 1994.** The function of stone carrying in the black weather, *Oenanthe leucura*. *Anim. behav.* 47: 1297-1309
- Mousseau T.A. & Fox C.W. 1998.** The adaptive significance of maternal effects. *Trends Ecol. Evol.* 13: 403–407.
- Muck C. & Nager R. D. 2006.** The effect of laying and hatching order on the timing and asynchrony of hatching. *Anim. Behav.* 71. 885-892.
- NABU 2006.** Preliminary results of the 6<sup>th</sup> international White stork Census. International Ornithological Congress, Hamburg.
- Nager R. P., Monaghan P., Houston D. C., Arnold K.E., Bount J. D. & Verboven N. 2006.** Maternal effects through the avian egg. *Acta Zool. Sin.* 52 (suppl): 658-661.
- Nager R. G., Rüeegger C. & Van Noordwijk A. J. 1997.** Nutrient or energy limitation on egg formation: a feeding experiment in Great Tits. *J. Anim. Ecol.* 66: 495–507.
- Nevoux M., Barbraud J. C., & Barbraud C. 2008.** Breeding experience and demographic response to environmental variability in the white stork. *Condor* 110: 55-62.
- Newton I. 1998.** Population limitation in birds. *Academic Press*, San Diego.
- Newton I. & Marquiss M. 1984.** Seasonal trends in breeding performances of sparrowhawks. *J. Anim. Ecol.* 64: 592–599.
- Nilsson J. A. 1995.** Parent offspring interaction over brood size: cooperation or conflict? *J. Avian. Biol.* 26: 255-259.
- Nur N. 1988.** The cost of reproduction in birds: an examination of the evidence. *Ardea* 76: 155-168.

- O'Connor R. J. 1978.** Brood reduction in birds: selection for fratricide, infanticide and suicide? *Anim. Behav.* 26: 79-93.
- Ostreiher R. 1997.** Food division in arabian babbler nest: adult choice or nestling competition?. *Behav. Ecol.* 8: 233-238.
- Parker G.A. Mock D.W. & Lamey T.C. 1989.** How selfish should stronger sibs be?. *Am. Nat.* 133: 846-868.
- Parsons J. 1976.** Egg size, laying date and incubation period in the herring Gull. *Ibis* 114: 536-541.
- Pérez-Tris J. & Tellería J. L. 2002.** Migratory and sedentary blackcaps in sympatric nonbreeding grounds: implications for the evolution. *J. Anim. Ecol.* 71: 211-224.
- Peris S. J. 2003.** Feeding in urban refuse dumps: ingestion of plastic objects by the White stork (*Ciconia ciconia*). *Ardeola* 50:81-84.
- Perrins C. M. 1991.** Tits and their caterpillar food supply. *Ibis* 133, suppl. I: 49-54.
- Ploger B. 1997.** Does brood reduction provide nestling survivors with a food bonus?. *Anim. Behav.* 54: 1063-1076.
- Ploger B. & Mock D.W. 1986.** Role of sibling aggression in food distribution to nestling Cattle Egrets (*Bubulcus ibis*). *The Auk* 103: 768-776.
- Ploger B. & Modiros C. 2004.** Unequal food distribution among great egret nestlings. *J. Avian Biol.* 35: 399-404.
- Preston K. L. & Rotenberry J. T. 2006.** The role of food, nest predation, and climate in timing of wren tit reproductive activities. *Condor* 108: 832-841.
- Prieto J. 2002.** Las Cigüeñas de Alcalá. Alcalá de Henares. Escuela Taller de Medio Ambiente Albardín, Madrid.
- Profus P. 1991.** The breeding biology of white stork *Ciconia ciconia* (L.) in the selected area of southern Poland. In Jacubiek Z. (eds): Population of white stork *Ciconia ciconia* (L.) in Poland. Part II. *Studia Nat., Ser. A* 37: 11-57.
- Profus P. 2006a.** Population changes and breeding ecology of the White Stork *Ciconia ciconia* (L.) against a background of the European population. Synthesis. *Studia Nat.* 50: 1-55.
- Profus P., Tryjanowski P., Tworek S., & Zduniak P. 2004.** Intrapopulation variation of egg size in the White Stork (*Ciconia ciconia*) in Southern Poland. *Pol. J. Ecol.* 52: 75-78.
- Rafferty N. E., DEE Boersma P. & Rebstock G. A. 2005.** Intraclutch egg-size variation in Magellanic Penguins. *Condor* 107: 921-926.
- Réale D. 1997.** Ressources trophiques et reproduction chez les mammifères et les oiseaux. *Terre et vie* 52 : 369-400.
- Redmond R. L. 1986.** Egg size and laying date of Long-billed Curlews *Numenius americanus*: implications for female reproductive tactics. *Oikos* 46: 330-338.
- Redondo T. 1989.** Avian nest defence: theoretical models and evidence. *Behaviour* 111: 161-195.
- Redondo T. & Castro F. 1992.** Signalling of nutritional need by magpie nestlings. *Ethology* 92: 123-204.



- Redondo T., Tortosa F.S. & Arias de Reyna L. 1995.** Nest switching and alloparental care in colonial white storks. *Anim. Behav.* 49: 1097-1110.
- Reid J. M., Monaghan P. & Ruxton G. D. 2000.** Resource allocation between reproductive phases: the importance of thermal conditions in determining the cost of reproduction. *Proc. R. Soc. Lond. B* 267: 37–41.
- Reynolds J.D. & Székely T. 1997.** The evolution of parental care in shorebirds : life histories, ecology and sexual selection. *Behav. Ecol.* 8: 126- 134.
- Reynolds S. J., Schoech S. J. & Bowman R. 2003.** Nutritional quality of prebreeding diet influences breeding performance of the Florida scrub-jay. *Oecologia* 134: 308–316.
- Rheinwald G., Ogden J. & Schulz H. (eds) 1989.** White Stork. Status and Conservation. *Proc. First Int. Stork Conserv. Symp.* Walsrode, 14- 19 October 1985: 1-471. *Bonn:* Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA).
- Ricklefs, R. E. 1983.** Avian postnatal development. *Avian biol.y*, Vol. 7. *Academic Press*, New York.
- Robb G. N., McDonald R. A., Chamberlain D.E. & Bearhop S. 2008.** Food for Thought: supplementary feeding as a driver of ecological change in avian populations. *Front. Ecol. Environ.* 6: 476-484.
- Roff D. A. 1992.** The evolution of life histories : Theory and Analysis. *Chapmann & Hall*, New York.
- Royle N. 2000.** Overproduction in the lesser Black-backed Gull – can marginal chicks overcome the initial handicap of hatching asynchrony? *J. Avian Biol.* 31: 335-344.
- Royle N. J., Hartley I. R. & Parker G.A. 2002.** Begging for control: when are offspring solicitation behaviours honest? *Trends Ecol. Evol.* 17: 434-440.
- Rytönen S. 2002.** Nest defence in great tits *Parus major*: Support for parental investment theory. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 52: 379-384.
- Sadleir. R.M.F.S. 1969.** The role of nutrition in the reproduction of wild mammals. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 6: 39-48.
- Saether B.E., Grøtan V., Tryjanowski P., Barbraud C., Engen S. & Fulin M. 2006.** Climate and spatio-temporal variation in the population dynamics of a long distance migrant, the White Stork. *J. Anim. Ecol.* 75: 80-90.
- Samraoui B. 1998. White Storks wintering in North East Algeria. *British Birds.* 91: 377.
- Samraoui B. 2002.** L'hivernage de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Algérie. *Alauda* 70 (1) : 221-223.
- Sarasa, C. G., Bartolome, J., Fernandez-cruz, M. & Farinhna J. C. 1993.** Segundo censo de Ardeidas invernantes en la Península Ibérica y Baleares (1992-1993). *Airo* 4: 41-50
- SAS 2003.** SAS Procedures Guide Version 9, Release 91, SAS Institute Inc, Cary, NC.
- Sasvári L. & Hegyi Z. 2001.** Condition-dependent parental effort and reproductive performance in the White stork *Ciconia ciconia*. *Ardea* 89: 281-291.
- Sasvari, L., Hegyi, Z. & Hahn, I. 1999.** Reproductive performance of white storks *Ciconia ciconia* breeding at low and high densities. *Folia Zool.* 48: 113–121.
- Sasvári L. Hegyi Z. Péczely p. 1999a.** Brood reduction in white storks mediated through asymmetries in plasma testosterone concentrations in chicks. *Ethology* 105: 569-582.

- Schaub M., Kania W. & Köppen U. 2005.** Variation of primary production during winter induces synchrony in survival rates in migratory White Storks (*Ciconia ciconia*). *J. Anim. Ecol.* 74 : 656-666.
- Schaub M., Pradel R. & Lebreton J.M. 2004.** Is the reintroduced White stork (*Ciconia ciconia*) population in Switzerland self-sustainable? *Biol. Conserv.* 119:105–114.
- Schierer A. 1967.** La Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* en Alsace de 1948 à 1966. *Lien Ornithol. D'Alsace* 12: 5-55.
- Schierer A. 1972.** Mémoire sur la Cigogne blanche en Alsace (1948-1970). *Ciconia* 1 : 7-78.
- Schierer A. & Métais M. 1981.** La Cigogne blanche niche aussi dans l'Ouest de la France. *L'homme et l'oiseau*, 19<sup>e</sup> année 1 : 8-12.
- Schmidt, K.T. & Hoi, H., 2002.** Supplemental feeding reduces natural selection in juvenile red deer. *Ecography* 25, 265–272.
- Schmitt B. 1967.** Notes sur la biologie de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia*) d'après des observations d'oiseaux captifs. *L'oiseau et la Revue Française d'Ornithologie* 37 : 317- 335.
- Schulz, H. 1998.** BWP Update. In: *The Journal of Birds of the Western Palearctic: white stork*, vol. 2(2): 69–105. *Oxford University Press*.
- Schulz H. 1999.** The word population of the White stork *Ciconia ciconia* – Results of the 5<sup>th</sup> International Census 1994/95. In H. Schulz (ed.). *Weisstorch im Aufwind? White Stork on the up? Proceedings Intern. Symp. White stork*, Hamburg. Nabu, Bonn: 351-365.
- Schüz E. 1957.** Das Verschlingen eigener Junger (Kronismus) bei Vögeln und seine Bedeutung. *Vogelwarte* 19: 1-15.
- Schüz E. 1977.** Changes in the status of the White stork. I.C.B.P. The President's letter. No. 43.
- Schüz E. 1979.** Results of the III international Census (1974) of the White stork. *Int. Council Bird Preserv. Bull.* 13: 173-179.
- Schüz E. 1980.** Status und Veränderung des Weisstorch Bestandes. *Naturw. Rundschau* 33: 102-105.
- Schüz E. 1984.** Über Syngenophagie, besonders kronsismus. Ein beitrage zur Ethologie speziell des Weisstorchs. *Ökologie Vögel* 6: 141-158.
- Schüz E. & Szijj J. 1975.** Bestandsveränderungen beim Weis-storch, fünfte Übersicht: 1959-1972. *Vogelwarte* 20: 258-273.
- Schwabl H. 1996.** Maternal testosterone in the avian egg enhances postnatal growth. *Comp. Bioch. Physiol. A Physiol.* 114: 217-276.
- Seltzer P. 1946.** Le climat de l'Algérie. Univ. Alger, Inst. Météo. Phys. du Globe, Carbonnel., 219 p.
- Senra A. & Alés E.E. 1992.** The decline in the White stork *Ciconia ciconia* population in the western Andalusia between 1976 and 1988: causes and proposals for conservation. *Biol. Conserv.* 61: 51-57.
- Serrano D. & Tella J. L. 2007.** The role of despotism and heritability in determining settlement patterns in the colonial lesser kestrel. *Am. Nat.* 169: 53-67.
- Simmons R.E. 1988.** Offspring quality and the evolution of cannibalism. *Ibis* 130: 339-357.
- Slagsvold T. Sandvik J. Rofstad G. & Lorensten O. 1984.** On the adaptive value of intraclutch egg-size variation in birds. *The Auk* 101: 685-697

- Smiseth P.T. & Amundsen T. 2002.** Senior and junior nestlings in -asynchronous Bluethroat broods differ in their effectiveness of begging. *Evol. Ecol. Resea*, 4: 1177-1189.
- Smiseth P.T., Rolf J., Eikenaes A.K. & Amundsen T. 2003.** Food limitation in asynchronous bluethroat broods: effects on food distribution, nestling begging, and parental provisioning rules. *Behav. Ecol.* 14: 793-801.
- Soler J. J. Cuervo J. J. et Soler M. 1998 a.** Nest building is sexually selected behaviour in the barn swallow. *Anim. Behav.* 56: 1435-1442.
- Soler J. J. De Neve L. Martinez J. G. & Soler M. 2001.** Nest size affects clutch size and the start of incubation in magpies : an experimenmtal study. *Behav. Ecol.* 12: 301-307.
- Soler J. J., Møller A. P., & Soler M. 1998b.** Nest building, sexual selection and parental investment. *Evol. Ecol.* 12: 427-441.
- Stamps J.A., Clarck A., Arrowood P. & Kus B. 1985.** Parent-offspring conflict in budgerigars. *Behaviour* 94: 1-40.
- St Clair C. C. 1992.** Incubation behaviour, brood patch formation and obligate brood reduction in Fiordland crested penguins. *Behav. Ecolo. Sociobiol.* 31: 409-416.
- Stearns S. C. 1992.** The evolution of life histories. *Oxford Univ. Press*, Oxford.
- Stewart Ph. 1969.** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique : Quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* 59: 23-26.
- Stewart Ph. 1975.** Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application au barrage vert. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 65 (1-2): 239-245.
- Stolenson S. H. & Beissinger S.R. 1995.** Hatching asynchrony and the onset of incubation in birds revisited: when is the critical period?. In: Power, D.M. (eds). *Curr. ornithol.* vol. 12. Plenum Press, New York, pp. 191-270.
- Struwe B. & Thomsen K.M. 1991.** The White Stork (*Ciconia ciconia*) in Denmark. In: Schulz H. (ed.) *White Stork on the up?* Proc. Internat. Symp. White Stork, Hamburg 1996. NABU, *Bonn*: 111-131.
- Svensson E. & Nilsson J.C. 1995.** Food supply, territory quality, and reproductive timing in the Blue Tit *Parus caeruleus*. *Ecology* 76: 1804-1812.
- Tarr, M.D. & Pekins, P.J., 2002.** Influences of winter supplemental feeding on the energy balance of white-tailed deer fawns in New Hampshire, USA. *Can. J. Zool.* 80, 6-15.
- Thauront M. 1985.** Compte rendu de symposium international sur la Cigogne blanche *Ciconia ciconia*. Walsrode, 13-19 octobre, C.I.P.O., doc. Polycopié.
- Thauront M. & Duquet M. 1991.** Distribution et conditions d'hivernage de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* au Mali. *Alauda* 59 : 101-110.
- Thomas B. T. 1984.** Maguari Stork nesting : juvenile growth and behaviour. *The Auk* 1001: 812-823.
- Thomas J. P., Heringa A.C., Ledant J. P. & Mazerm W. 1975.** Recensement National des Cigognes blanches en Algérie. Document polycopié. I.N.A. El Harrach, Alger.
- Thomson D. L. Monaghan P. & Furness R.W. 1998.** The demands of incubation and avian clutch size. *Biol. Rev.* 73: 293-304.

- Tomás G. Merino S. Moreno J. Sanz J. J. Morales J. et Garcia Fraile S. 2006.** Nest weight and female health in the blue tit (*Cyanistis caeruleus*). *The Auk* 123: 1013-1021.
- Tortosa F.S. 1992.** Estrategia reproductiva de la cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*). Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba.
- Tortosa F. S. & Castro F. 2003.** Development of thermoregulatory ability during ontogeny in the white stork *Ciconia ciconia*. *Ardeola* 50: 39-46.
- Tortosa F. S., Caballero J. M. & Reyes-López J. 2002.** Effect of rubbish dumps on breeding success in the White Stork in southern Spain. *Waterbirds* 25: 39-43.
- Tortosa, F. S., Máñez, M. & Barcell, M. 1995a.** Wintering White Storks (*Ciconia ciconia*) in South West Spain in the years 1991 and 1992. *Die Vogelwarte* 38: 41-45.
- Tortosa F. S., Pérez L. & Hillström L. 2003.** Effect of food abundance on laying date and clutch size in the White Stork *Ciconia ciconia*. *Bird Study* 50: 112-115.
- Tortosa F. S., Pulido R., Arias de Reyna L. 1996.** Biología reproductiva y demografía de la Cigüeña blanca en la provincia de Córdoba. Ed. Diputación de Córdoba. Córdoba.
- Tortosa F.S. & Redondo, T. 1992.** Motives for parental infanticide in white Storks. *Ornis Scand.* 23: 185-189.
- Tortosa F. S. & Villafuerte R. 1999.** Effect of nest microclimate on effective endothermy in the white stork *Ciconia ciconia* nestlings. *Bird study* 46: 336-341.
- Trivers R.L. 1972.** Parental investment and sexual selection. In sexual selection and the descent of man. *Aldine press*, Chicago.
- Tryjanowski P. Jerzak L. & Radkiewicz J. 2005.** Effect of water level and livestock on the productivity and numbers of breeding White Storks. *Waterbirds* 28: 378-382.
- Tryjanowski P. Kosicki J. Z. Kuźniak Z. E. & Sparks T. H. 2009.** Long- term changes and breeding success in relation to nesting structures used by the white stork *Ciconia ciconia*. *Ann. Zool. Fenn.* 46: 34-38.
- Tryjanowski P. & Kuzniak S. 2002.** Population size and productivity of the White Stork (*Ciconia ciconia*) in relation to the common vole *Microtus arvalis* density. *Ardea* 90: 213-217.
- Tryjanowski P. Sparks T. & Profus P. 2005.** Uphill shifts in the distribution of the white stork *Ciconia ciconia* in southern Poland: the importance of nest quality. *Divers. distrib.* 11: 219-223.
- Tryjanowski P., Sparks T. H., Ptaszyk J. & Kosicki J. 2004.** Do White Storks *Ciconia ciconia* always profit from an early return to their breeding grounds? *Bird Study* 51: 222-227.
- Tryjanowski p., Sparks T.H. & Jerzak L. 2006.** Introduction. White Stork *Ciconia ciconia* research in Poland: where are and where we are going? In *Tryjanowski & al.. (eds). The White Stork in Poland: Studies in biology, ecology and conservation. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.*
- Underwood A. J. 1997.** Experiments in Ecology. *Cambridge University Press*.
- Urrutia L. P. & Drummond H. 1990.** Brood reduction and parental infanticide in heermann's gull. *The Auk* 107: 772-794.
- Van Vessem J. & Draulans D. 1986.** The adaptive significance of colonial breeding in the Grey Heron *Ardea cinerea*: inter and intra- colony variability in breeding success. *Ornis Scand.* 17: 356-362.

- Verboven N., Monaghan P., Evans D.M., Schwabl H., Evans N., Whitelaw C. & Nager R.G. 2003.** Maternal condition, yolk androgens and offspring performance: a supplemental feeding experiment in the lesser black-backed gull (*Larus fuscus*). *Proc. Roy. Soc. of London, Series B, Biol.Sci.* 270: 2223–2232.
- Vergara P. & Aguirre J. I. 2006.** Age and breeding success related to nest position in a white stork *Ciconia ciconia* colony. *Acta Oeco*, 30: 414-418.
- Vergara P., Aguirre J. I., Fargallo J. A. & Dávila J. A. 2006.** Nest-site fidelity and breeding success in white stork *Ciconia ciconia*. *Ibis* 148: 672–677.
- Vergara P., Aguirre J. I. & Fargallo J. A. 2007a.** Economical versus ecological developpement: a case study of white storks in cattle farm. *Ardeola* 54: 217-225.
- Vergara P., Aguirre J. I. & Fernández-Cruz M. 2007b.** Arrival date, age and breeding success in white stork *Ciconia ciconia*. *J. Avian Biol.* 38: 573-579.
- Vergara P. Gordo O. & Aguirre J. I. 2010.** Nest size, nest building behaviour and breeding success in a species with nest reuse: the white stork *Ciconia ciconia*. *Ann. Zool. Fenn.* 47. 184-194.
- Viñuela J. 1999.** Sibling aggression, hatching asynchrony, and nestling mortality in the black kite (*Milvus migrans*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 45: 33-45.
- Webb, D.R. 1987.** Thermal tolerance of avian embryos: A review. *Condor* 89: 874-898.
- Werschkul D.F. 1979.** Nestling mortality and the adaptive significance of early locomotion in the Little-blue Heron. *The Auk* 96: 116-130.
- Wiebe K. L. & Bortolotti G. R. 1996.** The proximate effects of food supply on intraclutch egg-size variation in American Kestrels. *Can. J. Zool.* 74: 118-124.
- Wiebe K. L. & Martin K. 2000.** The use of incubation behaviour to adjust avian reproductive costs after egg laying. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 48: 463–470.
- Wiebe, K. L., Koeing, W. D. & Martin, K. 2007.** Costs and benefits of nest reuse versus excavation in cavity-nester birds. *Ann. Zool. Fenn.* 44: 209–217.
- Williams G.C. 1966.** Adaptation and natural selection: a critique of some current evolutionary thought. *Princeton University Press*, Princeton.
- Williams J. B. 1996.** Energetics of avian incubation In: Carey C. (ed.). Avian energetics and nutritional ecology. *Chapman & Hall*, New York. pp. 250–279.
- Williams T. D. 1994.** Intraspecific variation in egg size and egg composition in birds: Effects on offspring fitness. *Biol. Rev. Cambr. Philo. Soc.* 68: 35-59.
- Winkler D. W. 1987.** A general model for parental care. *Am. Nat.* 130: 526-543.
- Zielinski P. 2002.** Brood reduction and parental infanticide – are the White Stork *Ciconia ciconia* and the Black Stork *C. nigra* exceptional?. *Acta Ornithol.* 37: 113-119.
- Zink G. 1975.** Bestandsentwicklung beim Weisstorch. *Beih. Veröf.* 7: 26-32.
- Zink G. 1967.** Populations dynamik des Weissen-Storchs, *Ciconia ciconia*, in Mitteleuropa. *Proc. Int. Ornithol. Congr.* XIV: 191-215.

