

LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableaux tirés de Matériel et méthodes :</u>	<u>page</u>
Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles (°C), El-Kala (1991-2003)	09
Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles (mm), El-Kala (1991-2003)	09
Tableau 3 : Hygrométries moyennes mensuelles (%), El-Kala (1991-2003)	10
Tableau 4 : Stades de construction du nid	20
Tableau 5 : Détermination de l'âge des poussins	21
<u>Tableaux tirés du chapitre I :</u>	
Tableau 1 : Taux d'occupation des nichoirs de l'habitat sempervirent	27
Tableau 2 : Paramètres de la reproduction de la Mésange bleue dans la subéraie	36
Tableau 3 : Taux d'occupation des nichoirs de l'habitat caducifolié	37
Tableau 4 : Paramètres de la reproduction de la Mésange bleue dans la zénaie	47
Tableau 5 : Comparaison des quelques paramètres de la reproduction de la Mésange bleue entre le chêne liège et le chêne zeen.	48
Tableau 6 : Différents types d'ectoparasites de nids de Mésange bleue	48
Tableau 7 : Indices parasitaires des nids de Mésange bleue dans la subéraie (CL) et la zénaie (CZ).	52
Tableau 8 : Corrélation entre la charge parasitaire et les différents paramètres morphologiques des oisillons.	52
<u>Tableaux tirés du chapitre II :</u>	
Tableau 1 : Taux d'occupation des nichoirs par la Mésange bleue	62
Tableau 2 : Paramètres de la reproduction de la Mésange bleue 2002-2003 dans le chêne liège et le chêne zeen	73
Tableau 3 : Proportion des chenilles dans le régime alimentaire de la Mésange bleue.	76
Tableau 4 : Fréquences de nourrissage à différents âges dans la subéraie et la zénaie.	76

Tableaux tirés du chapitre III :

Tableau 1 : Taux d'occupation des nichoirs en 2002 dans la subéraie et la zénaie	84
Tableau 2 : Paramètres de la reproduction de la Mésange bleue dans la Subéraie	85
Tableau 3 : Paramètres morphologiques et hématologiques des oisillons dans la subéraie	86
Tableau 4 : Paramètres de la reproduction de la Mésange bleue dans la zénaie	89
Tableau 5 : Paramètres morphologiques et hématologiques des oisillons dans la zénaie.	90

LSTE DES FIGURES

<u>Figures tirées de Matériel et méthodes :</u>	<u>Page</u>
Figure 1 : Localisation et limites du Parc National d'El Kala	07
Figure 2 : Position d'El Kala dans le climagramme d'Emberger	11
Figure 3 : Aire de répartition de la mésange bleue <i>Cyanistes caeruleus</i>	14
<u>Figures tirées du chapitre I :</u>	
Figure 1: Fréquences d'observation des dates de pontes dans la subéraie	28
Figure 2 : Fréquences d'observation des grandeurs de pontes dans la subéraie	28
Figure 3 : Relation entre la date et la grandeur de ponte	29
Figure 4 : Fréquences d'observation de la masse des couvées dans la subéraie	29
Figure 5 : Relation entre la masse de la couvée et la taille de ponte	30
Figure 6 : Fréquences d'observation des œufs éclos dans la subéraie	31
Figure 7 : Fréquences de la masse des oisillons à l'envol dans la subéraie	32
Figure 8 : Fréquences d'observation de la longueur du tarse (mm) dans la subéraie	32
Figure 9 : Fréquences d'observation de la longueur de l'aile (mm) dans la subéraie	33
Figure 10 : Fréquences d'observation du taux d'hématocrite (%) dans la subéraie	34
Figure 11 : Fréquences d'observation du nombre de globules rouges dans la subéraie	34
Figure 12 : Fréquences d'observation du nombre de jeunes envolés dans la subéraie	35
Figure 13 : Relation entre la masse de la couvée et le nombre de jeunes envolés	35
Figure 14 : Relation entre le nombre de jeunes envolés et le nombre d'œufs éclos	36
Figure 15 : Fréquences d'observation des dates de pontes dans la zénaie	38
Figure 16 : Fréquences d'observation des grandeurs de pontes dans la zénaie	38
Figure 17: Relation entre la date et la grandeur de ponte	39
Figure 18 : Fréquences d'observation de la masse des couvées dans la zénaie	39
Figure 19 : Fréquences d'observation des œufs éclos dans la zénaie	40
Figure 20 : Relation entre le nombre d'œufs éclos et la taille de ponte	41
Figure 21: Fréquences d'observation de la masse des oisillons à l'envol dans la zénaie	41
Figure 22 : Fréquences d'observation de la longueur du tarse (mm) dans la zénaie	42
Figure 23 : Fréquences d'observation de la longueur de l'aile (mm) dans la zénaie	43
Figure 24 : Fréquences d'observation du taux d'hématocrite (%) dans la zénaie	44
Figure 25 : Fréquences d'observation du nombre de globules rouges dans la zénaie	44
Figure 26 : Fréquences d'observation du nombre de jeunes envolés dans la zénaie	45
Figure 27 : Relation entre la taille de ponte et le nombre de jeunes envolés	46
Figure 28 : Relation entre le nombre de jeunes envolés et le nombre d'œufs éclos	46
Figure 29 : Effectif des ectoparasites dans les nids de mésange bleue dans la subéraie et la zénaie	51
Figure 30 : Nombre de nids prédatés dans la subéraie et la zénaie	53
Figure 31 : Prédation au stade œufs dans la subéraie et la zénaie	54
Figure 32 : Prédation au stade pulli dans la zénaie	54

Figures tirées du chapitre II :

Figure 1 : Fréquences d'observation des dates de pontes dans la subéraie et la zénaie	63
Figure 2: Fréquences des grandeurs de ponte dans la Subéraie et la zénaie	64
Figure 3: Fréquences de la masse des couvées dans la Subéraie et la zénaie	65
Figure 4 : Fréquences des œufs éclos dans la subéraie et la zénaie	66
Figure 5: Fréquences de la masse des oisillons à l'envol dans la Subéraie et la zénaie	67
Figure 6 : Fréquences de la longueur du tarse dans la Subéraie et la zénaie	68
Figure 7 : Fréquences de la longueur de l'aile dans la Subéraie et la Zénaie	69
Figure 8 : Fréquences du taux d'hématocrite dans les deux milieux	70
Figure 9 : Fréquences du nombre de globules rouges dans les deux milieux	71
Figure 10 : Evolution de la biomasse des chenilles dans la subéraie et la zénaie au cours des saisons 2002-2003	74
Figure 11 : structure du régime alimentaire des pulli de Mésange bleue Dans la subéraie et la zénaie.	75

Figures tirées du chapitre III :

Figure 1 : Fréquences de nourrissage des poussins par heure et par oisillon dans les nichées témoins et agrandies.	87
Figure 2 : proportion des différentes proies selon le stade de développement.	88
Figure 3 : Composition du régime alimentaire selon les différents ordres.	88
Figure 4 : Fréquences de nourrissage des poussins par heure et par oisillon dans les nichées témoins et agrandies.	91
Figure 5 : proportion des différentes proies selon le stade de développement.	92
Figure 6 : Composition du régime alimentaire selon les différents ordres.	92

LISTE DES PHOTOS

<u>Photos tirés de Matériel et méthodes :</u>	<u>Page</u>
Photo 1 : Mésange bleue <i>Cyanistes caeruleus ultramarinus</i>	13
Photo 2 : Subéraie de Brabtia	17
Photo 3 : Zénaie d'El-Ghorra	18
Photo 4 : Nichoir placé sur un arbre	19
Photo 5 : <i>Dermanyssus gallinae</i>	49
Photo 6 : <i>Ixodes sp</i>	50

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	01
MATERIELS ET METHODES	06
I. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE	6
I.1. Caractères géomorphologiques	8
I.2. Caractères climatiques	8
I.3. Caractères bioclimatiques	10
I.4. Richesses biologiques	11
II- MODELE BIOLOGIQUE	12
III. METHODOLOGIE GENERALE	15
III. 1 Sites échantillonnés	15
III.1.1. Subéraie de Brabtia	16
III.1.2. Zeenaie d'El-Ghorra	17
III.2. Méthodes d'échantillonnage	18
III.2.1. Paramètres démographiques	19
III.2.2. Paramètres morphologiques et hématologiques	20
IV. ANALYSE DES DONNEES	22
CHAPITRE 1 : TRAITS D'HISTOIRE DE VIE DE LA MESANGE BLEUE CYANISTES CAERULEUS ULTRAMARINUS DANS LES ESSENCES CADUCIFOLIEE ET SEMPERVIRENTE	
I. INTRODUCTION	23
II. METHODES D'ECHANTILLONNAGE	25
II.1. Paramètres démographiques	25
II.2. Inventaire des ectoparasites	26
II.3. Quantification de la prédation au nid	26
II.4. Analyse des données	26
III. RESULTATS ET INTERPRETATION	27
III.1. Phénologie de la reproduction de la Mésange bleue dans l'habitat sempervirent	27
III.1.1. Taux d'occupation des niohirs	27
III.1.2. Date et période de ponte	27
III.1.3. Grandeur de ponte et masse de la couvée	28
III.1.4. Œufs éclos et succès de la reproduction	28
III.1.6. Masse des oisillons à l'envol	31
III.1.7. Paramètres morpo métriques	32
III.1.8. Paramètres hématologiques	33
III.1.9. Jeunes et succès à l'envol	34
III.2. Phénologie de la reproduction de la Mésange bleue dans l'habitat caducifolié	37

III.2.1. Paramètres démographiques	37
III.2.1.1. Taux d'occupation des niohoirs	37
III.2.1.2. Date et période de ponte	37
III.2.1.3. Grandeur de ponte et masse de la couvée	38
III.2.1.4. Œufs éclos et succès de la reproduction	40
III.2.1.5. Masse des oisillons à l'envol	41
III.2.1.6. Paramètres morpho métriques	42
III.2.1.7. Paramètres hématologiques	43
III.2.1.8. Jeunes et succès à l'envol	45
III.3. Comparaison entre les deux habitats : sempervirent et caducifolié	47
III.4. Inventaire des parasites	48
III.4.1. Les Acariens	48
III.4.2. Quantification des parasites	50
III.4.3. Effets des parasites sur les paramètres morphologiques	52
III.5. Etude de la prédation	53
III.5.1. Prédation des nids	53
III.5.2. Prédation au stade œuf	53
III.5.3. Prédation au stade pulli	54
IV. DISCUSSION	55
CHAPITRE 2 : IMPACT DE L'HABITAT SUR LES PERFORMANCES REPRODUCTIVES ET LE RÉGIME ALIMENTAIRE DE LA MÉSANGE BLEUE <i>CYANISTES CAERULEUS ULTRAMARINUS</i>	
I. INTRODUCTUION	58
II. METHODES D'ECHANTILLONNAGE	60
II.1. Paramètres démographiques	60
II.2. Traitement anti-parasites des nids	60
II.3. Quantification de la biomasse des chenilles	60
II.4. Régime alimentaire et fréquences de nourrissage	60
II.5. Analyse des données	61
III. RESULTATS ET INTERPRETATION	61
III.1. Paramètres démographiques	61
III.1.1.1. Taux d'occupation des niohoirs	61
III.1.2. Date et période de ponte	62
III.1.3. Grandeur de ponte et masse de la couvée	64
III.1.4. Œufs éclos	66
III.1.5. Masse des poussins à l'envol	67
III.1.6. Paramètres morpho métriques	68
III.1.7. Paramètres hématologiques	70
III.1.8. Succès de la reproduction	72
III.1.9. Succès à l'envol	72
III.2. Richesse du milieu	74
III.3. Régime alimentaire et fréquences de nourrissage des poussins	75
IV. DISCUSSION	77

CHAPITRE III : EFFET DE LA MANIPULATION EXPÉRIMENTALE DES NICHÉES SUR LES PARAMÈTRES MORPHOLOGIQUES ET HÉMATOLOGIQUES DES POUSSINS DE MÉSANGE BLEUE

I. INTRODUCTION	80
II. METHODES D'ECHANTILLONNAGE	82
II.1. Phénologie de la reproduction	82
II.2. Manipulation expérimentale des nichées	83
II.2.1. Réduction expérimental des nichées dans la subéraie	83
II.2.2. Agrandissement expérimental des nichées dans la zeenaie	83
II.3. Fréquences de nourrissage et régime alimentaire	83
II.4. Traitement des données	83
III. RESULTATS ET INTERPRETATION	84
III.1. Réduction des nichées dans la subéraie	84
III.1.1. Paramètres de la reproduction	84
III.1.1.1. Paramètres morphologiques	85
III.1.1.2. Paramètres hématologiques	85
III.1.1.3. Jeunes à l'envol	86
III.1.2. Fréquences de nourrissage des oisillons	86
III.1.3. Composition et structure du régime alimentaire	87
III.2. Agrandissement des nichées dans la zeenaie	89
III.2.1. Paramètres de la reproduction	89
III.2.1.1. Paramètres morphologiques	89
III.2.1.2. Paramètres hématologiques	90
III.2.1.3. Jeunes à l'envol	90
III.2.2. Fréquences de nourrissage des oisillons	91
III.2.3. Composition et structure du régime alimentaire	91
IV. DISCUSSION	93
DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALES	96
RESUME	101
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	103
PUBLICATIONS	

INTRODUCTION GENERALE

Chez les oiseaux, la maximisation de la valeur sélective de l'individu, c'est-à-dire de sa contribution génétique à la génération suivante, passe par une synchronisation entre la période de reproduction et la période d'abondance maximale des ressources pour les jeunes (Lack, 1968). Elle implique également un investissement dans la reproduction qui ne compromette pas la probabilité de reproduction future des adultes (Williams 1966, Cody 1966, Charnov et Krebs 1974, Bell 1980). En d'autres termes, l'individu (oiseau) doit à un intervalle plus ou moins régulier de temps, décidé de se reproduire et cette décision comporte deux volets : quand se reproduire de façon à maximiser la survie des jeunes et quelle énergie investir, sous forme de nombre d'œufs pondus, de façon à produire le maximum de jeunes sur l'ensemble de sa vie. L'expression phénotypique de cette décision qui s'exprime par les deux paramètres démographiques que sont la date et la taille de ponte, dépend à la fois de caractères environnementaux et de caractère populationnels (Blondel 1987). Parmi ces derniers le génotype des reproducteurs témoigne des pressions qui se sont exercées sur ces populations au cours de leur histoire, il existe donc une relation, que l'on peut qualifier de stratégie (Barbault 1984) entre ces caractères démographiques et l'environnement par rapport auquel ils ont une valeur adaptative (Blondel 1986).

C'est par l'étude de systèmes population-environnement (Barbault 1981, Blondel 1986) que l'on peut mettre en évidence de telles relations entre un ensemble de traits d'histoire naturelle et des caractères du milieu. De telles études supposent une démarche pluridisciplinaire qui comporte les aspects physiologiques (dépenses énergétiques des reproducteurs, valeurs métaboliques des ressources alimentaires), démographiques (fécondité, survie), génétique (variabilité et héritabilité des caractères étudiés) et comportementaux (importance des interactions sociales dans la distribution spatiale des individus) (Blondel 1987). La notion de stratégie suppose une coadaptation de l'ensemble de ces caractères sous l'effet de la sélection naturelle mais la complexité des processus en cause conduit en fait à la réalisation d'un certain état d'équilibre qui est un compromis entre l'ensemble des pressions de sélection qui

s'exercent sur la population (Clamens 1982). La notion de stratégie n'implique donc pas que la relation entre les caractères populationnels et environnementaux soit optimale (Stearns 1983). Les conditions de l'environnement sont cependant très variables aussi bien dans l'espace que dans le temps. L'hétérogénéité spatiale des conditions du milieu à laquelle est confronté un même individu, et donc un même génotype, implique ainsi l'existence d'une plasticité phénotypique des populations (Dias 1994). Le perpétuel changement des conditions du milieu dans le temps fait quant à lui que la réalisation des stratégies est un processus dynamique permanent (Blondel 1986). La comparaison de systèmes population-environnement nécessite donc de faire la part de la plasticité phénotypique et de l'adaptation génétique dans les variations spatiales des caractères populationnels étudiés.

Un thème récurrent dans la description des traits d'histoire de vie est le rôle central qu'occupe l'évolution synchronisée des événements temporels dans le cycle annuel. Les systèmes physiologiques de contrôle saisonnier ont ainsi évolué de manière à ce qu'il s'établisse un synchronisme entre l'accomplissement de certaines activités (migration, reproduction, mue) et les périodes les plus favorables permettant de les réaliser. Compte tenu de son lien très étroit avec la *fitness*, la reproduction est probablement le processus biologique qui est le plus souvent évoqué pour appuyer l'explication adaptative du contrôle saisonnier des événements annuels. Le synchronisme avec l'abondance de nourriture, la disponibilité des sites de nidification, l'attente des périodes de faibles risques de prédation, la croissance et la survie des jeunes et la condition corporelle des adultes sont tous des exemples de facteurs ultimes qui ont favorisé l'élaboration de réponses comportementales permettant l'élaboration d'un calendrier de reproduction précis (Banbura *et al.* 1994, Blondel *et al.* 1993, Clutton-Brock, 1988, Gotmark, 2002, Naef-Daenzer & Keller 1999, Perrins, 1991, Réale *et al.*, 2003, Tinbergen & Boerlijst 1990, Wingfield & *al.* 1992).

La littérature des 30 dernières années fait amplement état des différents types de pressions évolutives à l'origine du développement des systèmes de reproduction, dont certains ouvrages parmi les plus importants s'appuient sur des travaux effectués sur la classe des oiseaux (ex. Lack, 1968). Il est donc bien établi que l'instauration du calendrier reproducteur chez la plupart des groupes d'oiseaux répond à des causes ultimes qui ont comme finalité de maximiser la valeur adaptative des individus. Par exemple, la période d'élevage des jeunes chez de nombreux passereaux insectivores coïncide avec une courte période où l'abondance de nourriture est maximale, c'est-à-dire la période où le développement de la végétation

permet le développement d'une abondante population d'insectes défoliateurs. De toute évidence, le développement d'un tel synchronisme favorise plusieurs composantes du succès reproducteur, notamment en permettant une croissance rapide des jeunes tout en minimisant les coûts associés aux déplacements par les parents (coûts énergétiques, risques de prédation).

L'espace méditerranéen est un bon théâtre pour analyser les causes et les conséquences écologiques et évolutives des variations des traits d'histoire de vie, car il présente à la fois une forte hétérogénéité de l'environnement et des contraintes propices à la détection de facteurs limitants imposant de fortes pressions de sélection. Ces contraintes sont d'ordre trophique (ressources alimentaires globalement plus diversifiées mais moins abondantes que dans les régions tempérées), climatiques (sécheresse et températures qui peuvent poser des problèmes d'ordre physiologique dès la fin du printemps), et géographique par suite de l'altération et du morcellement des habitats. Pour la Mésange bleue *Cyanistes caeruleus ultramarinus*, modèle biologique de premier ordre pour plusieurs chercheurs puisqu'elle accepte volontiers de nicher non seulement dans les cavités naturelles des arbres mais aussi dans les structures d'origine humaine dont les nichoirs, ce paysage influence directement ses caractéristiques biodémographiques, et le facteur le plus important est lié au contraste entre les types de peuplements forestiers où sont établis les territoires de reproduction.

Les populations de Mésange bleue qui nichent dans la mosaïque d'habitats des paysages méditerranéens montrent une grande variabilité dans leurs traits d'histoire de vie, comparativement aux autres populations qui nichent dans le reste de l'aire de répartition de l'espèce. Ces différences témoignent du degré de leur adaptation aux différents biotopes locaux (Baouab et al 1986, Isenmann 1987, Moali et Isenmann 1990, Moali et al 1992, Gil Delgado et al. 1992, Blondel et al. 1993, Chabi et al. 1995, Chabi et Isenmann 1997). Ainsi, ces différences se manifestent par une adaptation de l'espèce à l'essence forestière dominante dans la région. En Europe continentale, la Mésange bleue trouve son habitat optimal dans les chênaies caducifoliées (*Quercus sp*) (Snow 1954, Patridge 1974). En Corse, elle serait mieux adaptée aux chênaies sempervirentes (Tremblay 2003) et dans le sud de la France aux chênaies caducifoliées (Blondel & Isenmann 1979, Blondel 1985, Clamens & al. 1987, Blondel & al. 1987, Isenmann & al. 1987, Dias & al. 1994, Lambrechts & al. 1996).

En Algérie, la Mésange se reproduit soit dans les forêts caducifoliées (Chêne zeen, Aulne glutineux) ou sempervirentes (Chêne liège, chêne vert) lesquels dominent le paysage dans des

proportions plus importantes pour les seconds. Les conditions écologiques qui accompagnent l'un ou l'autre peuplement sont à l'origine des différences importantes que l'on observe dans les traits de reproduction des Mésanges. Ainsi, ce qui distingue le plus ces deux environnements pour cette espèce, c'est leur aptitude à fournir une nourriture abondante durant la période d'élevage des jeunes. En forêt caduque, en raison du renouvellement saisonnier complet du feuillage, le pic d'abondance d'insectes défoliateurs (chenilles) s'accomplit assez tôt au printemps, Cette abondance hâtive favorise évidemment le nourrissage des jeunes par les parents. Le succès reproducteur y est par conséquent très élevé et les oiseaux se reproduisent tôt dans la saison. Contrairement, l'abondance de nourriture est beaucoup plus faible dans les habitats de chêne liège, une faible proportion du feuillage est renouvelée chaque année, ce qui défavorise l'établissement d'une population élevée d'insectes. Le succès reproducteur y est donc souvent plus faible. De plus, étant donné que le pic d'abondance se présente plus tardivement au printemps, les oiseaux de ces habitats s'y reproduisent systématiquement plus tard. Ainsi, pour les Mésanges, l'élément le plus important à retenir concerne l'existence de cette dichotomie spatiale Chêne zéen / Chêne liège qui joue un rôle clé à la fois sur leur date de ponte, leur succès de la reproduction mais surtout sur la variabilité spatio-temporelle de leurs proies de prédilection, les chenilles.

Notre problématique se place dans ce cadre théorique de l'adaptation des espèces à l'hétérogénéité de leur environnement. Elle s'intéresse plus particulièrement à l'effet de l'abondance de nourriture sur la reproduction de la Mésange bleue. La question fondamentale posée est : comment cette espèce réalise t'elle, face à des conditions différentes d'habitat et d'environnement, l'indispensable compromis entre fécondité et survie permettant aux reproducteurs de produire le maximum de descendants au cours de leur existence et comment cette espèce synchronise t'elle sa période de reproduction avec la période d'abondance maximale de nourriture pour ses jeunes ? L'objectif général de la présente étude sera donc d'utiliser la comparaison d'habitat et l'expérimentation afin de répondre à ces questions, cependant les différents chapitres possèdent des objectifs qui leurs sont propres et qui seront développés ultérieurement.

Le développement de la thèse comportera trois chapitres en plus d'une description du cadre théorique et de la problématique générale :

- Le premier chapitre abordera la variation de la phénologie de la reproduction de la Mésange bleue dans les chênaies caducifoliée et sempervirente de la région, le long d'un gradient d'altitude.

- Le deuxième chapitre, approchera l'impact de l'habitat sur les performances reproductives et le régime alimentaire de la Mésange bleue.

- Dans le troisième chapitre, il sera question de manipulation expérimentale des nichées et de son impact sur les paramètres morphologiques et hématologiques des poussins.

Enfin, on terminera avec une discussion générale qui fera la synthèse des conclusions tirées de l'ensemble des chapitres.

MATERIEL ET METHODES

La présente étude a été réalisée dans la région d'El-Kala, au sein de l'un des plus grands Parcs Nationaux d'Algérie (PNEK). Il est également l'un des plus diversifiées sur le plan des habitats et milieux naturels. Le PNEK a fait l'objet de nombreuses études (De belair 1990, Benyacoub et *al.* 1998, Chabi, 1998). Nous nous baserons sur ces travaux pour le décrire sommairement.

I. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

L'étude a été réalisée dans le Parc National d'El-Kala (P.N.E.K) contenu entièrement dans la wilaya d'El-Tarf et localisé à l'extrême nord-est algérien. Erigé en juillet 1983, le PNEK couvre une superficie d'environ 80.000 hectares constitués d'une mosaïque d'écosystèmes aussi riche que diversifiés et a été également classé en 1990 comme «Réserve de la biosphère » par l'UNESCO. Situé à 36°52 latitude nord et 8°27 longitude est, il est limité à l'est par la frontière algéro-tunisienne, au nord par la mer Méditerranée, à l'ouest par l'extrémité de la plaine alluviale d'Annaba et enfin au sud par les contreforts des monts de la Medjerda (Fig. 1).

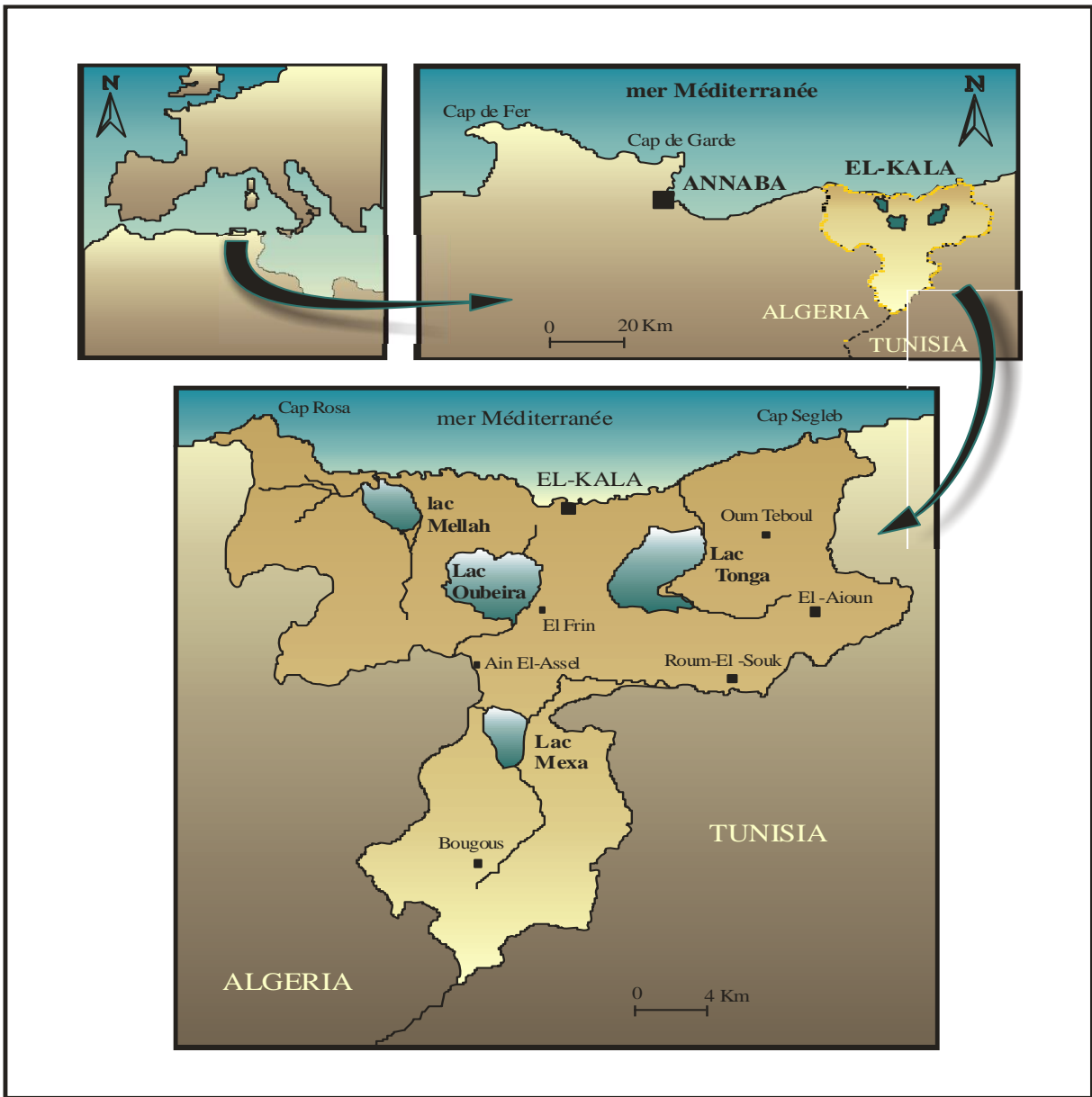


Figure 1 : Localisation et limites du Parc National d'El Kala (Benyacoub et al, 1998)

I.1 Caractères géomorphologiques

La stratigraphie de la région se caractérise par des séries datées du tertiaire et du quaternaire (Marre, 1987). Les terrains tertiaires sont constitués d'argiles de Numidie datées de l'Eocène moyen et qui forment une épaisseur de 300 m environ, des bancs de grès de Numidie qui se distinguent dans le Relief des collines datées de l'Eocène supérieur et des sables et des argiles rouges ou grises, localisés dans la région sud-est et qui datent du Miocène. Les formations quaternaires sont caractérisées par les dépôts fluviatiles composés de limons, sables et galets et qui s'observent dans les talwegs des oueds. Les dépôts marins éolisés, résultent de l'activité des courants marins et des vents, ce sont les amas dunaires qu'on observe dans le nord du lac El-Mellah, Oubeira et également à l'est de la ville d'El-Kala. Enfin, Les dépôts actuels, sont vaseux et disposés autour du lac Tonga, ainsi que les alluvions formants le fond des Oueds.

Le relief a pour origine les grands mouvements du tertiaire (phase alpine) auxquels sont rattachés les mouvements majeurs responsables des alignements NE et les mouvements transverses au quaternaire qui ont mis en place selon des directions variables, une série de dômes et de cuvettes (lacs Mellah, Oubeira, Tonga et les marais de la Mekkada). En allant du littoral jusqu'à l'extrémité sud du Parc, on observe une succession de collines gréseuses d'altitude croissante qui entourent les dépressions lacustres. Ces monts qui sont El-Koursi, Brabtia et Kef Dzair constituent les collines basses. Les collines hautes, dont les plus importantes sont Djebel El-Ghorra et Kef Reboua, sont situées à l'Est et au Sud du Parc.

Les ressources hydriques sont importantes et le réseau hydrographique est complexe. Il est décomposé en plusieurs unités. L'Oued El-kebir constitue le cours d'eau le plus important avec ses affluents (Guergour, Boulatane, Bourdim et El-Bhaim). A ces cours d'eau s'ajoutent les ouvrages de mobilisation (barrages, retenues et lacs). De plus le cordon dunaire situé au nord, joue le rôle de château d'eau pour la région en alimentant sources et chaabats.

I.2. Caractères climatiques

La région d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen, où il y'a l'alternance d'une saison pluvieuse et d'une saison sèche, due à l'action combinée de différents facteurs climatiques. Les données climatiques présentées ci dessous proviennent de la station météorologique d'El-Kala.

La température est un facteur qui est influencé par plusieurs paramètres, tels que l'altitude, la latitude, la distance à la mer et la position topographique. La région d'El-Kala est située dans

le méditerranéen chaud avec une température maximale pouvant atteindre 50°C. Les températures les plus basses sont naturellement enregistrées en altitude durant l'hiver au Djebel El-Ghorra (0°C) (De belair, 1990) (Tab. 1).

Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles (°C), El-Kala (1991-2003).

JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
13,03	12,47	14,52	15,87	19,47	23,08	25,67	27,02	24,57	20,98	16,68	24,10

La région du Parc National d'El-Kala compte parmi les zones les plus arrosées du pays. La pluviosité est conditionnée dans cette zone par deux phénomènes météorologiques. D'une part, les perturbations cycloniques d'origine atlantique de l'Ouest et du Nord-Ouest, et d'autre part les dépressions qui prennent naissance en Méditerranée occidentale. Les mois les plus pluvieux sont novembre et décembre alors que les mois les plus secs sont juin et juillet (Tab.2).

Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles (mm), El-Kala [1991-2003].

JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
110.2	91.5	77.1	65.8	37,3	7,9	4,9	16,3	44,8	66,1	118,3	134,3

L'humidité de l'air joue un rôle important dans le conditionnement de l'évaporation, elle atténue la sécheresse et par conséquent elle influence les conditions de développement de la végétation. Ainsi, dans la région du Parc National d'El-Kala, l'hygrométrie est très élevée tout le long de l'année (Tab.3). La valeur minimale est enregistrée au mois de septembre (62.81%) et la maximale au mois de février (73.88%).

Tableau 3 : Hygrométries moyennes mensuelles (%), El-Kala (1991-2003).

JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
73,41	73,88	69,70	67,38	68,79	66,61	65,82	67,97	62,81	67,62	69,44	70,54

Les vents de la région sont de régime ouest et nord-ouest durant la saison hivernale, ils sont annonceurs de pluie (Seltzer, 1946 in Benyacoub et *al.*, 1998). En été, il y a disparition du régime des vents d'ouest et l'apparition des vents variables tels que les brises de terre et les brises de mer. On observe également de nombreuses dépressions qui se creusent en Méditerranée et qui peuvent atteindre le désert en provoquant un brassage de l'air chaud du Sahara pour le remonter vers le nord. Il en résulte un vent chaud et sec soufflant du sud ou du sud-est.

I.3. Caractères bioclimatiques

La région d'El-Kala se situe dans l'étage bioclimatique sub-humide, caractérisée par un hiver chaud à la limite de l'étage humide (Emberger, 1955) (Fig. 2). Toutefois, le relief de la région crée une mosaïque d'étages bioclimatiques de végétation :

- L'étage sub-humide à hiver chaud concerne les plaines alluviales, le cordon dunaire et les collines sub-littorales qui correspond à l'étage thermoméditerranéen, conformément à la définition de Ozenda (1975), il se caractérise par l'aire de l'Oléolentisque à Caroubier au niveau de la mer et par celle de l'Oléolentisque à myrte à un niveau altitudinal supérieur (Toubal, 1986).

- L'étage humide à hiver chaud à tempéré : Il correspond à l'étage méso-méditerranéen d'Ozenda, c'est l'aire du chêne liège (*Quercus suber*) et il est caractérisé par deux groupements. Du niveau le plus thermophile à basse altitude au niveau le moins thermophile à haute altitude on distingue : le groupement à *Quercus suber* et *Pistacia lentiscus* et celui de *Quercus suber* et *Cytisus triflorus* (Benyacoub, 1993).

- L'étage humide à hiver tempéré à frais : Il correspond à l'étage supra-méditerranéen d'Ozenda, (1975), il se situe au-delà de 800 à 900 m d'altitude et comprend l'aire du Chêne zeen (*Quercus faginea mirbeckii*). Essence caducifoliée, le Chêne zeen se développe lorsque

la pluviométrie est supérieure ou égale à 900 mm/ an. Il est associé en groupement à *Cytisus triflorus*, *Rubus ulmifolius*, *Crataegus monogyna*.

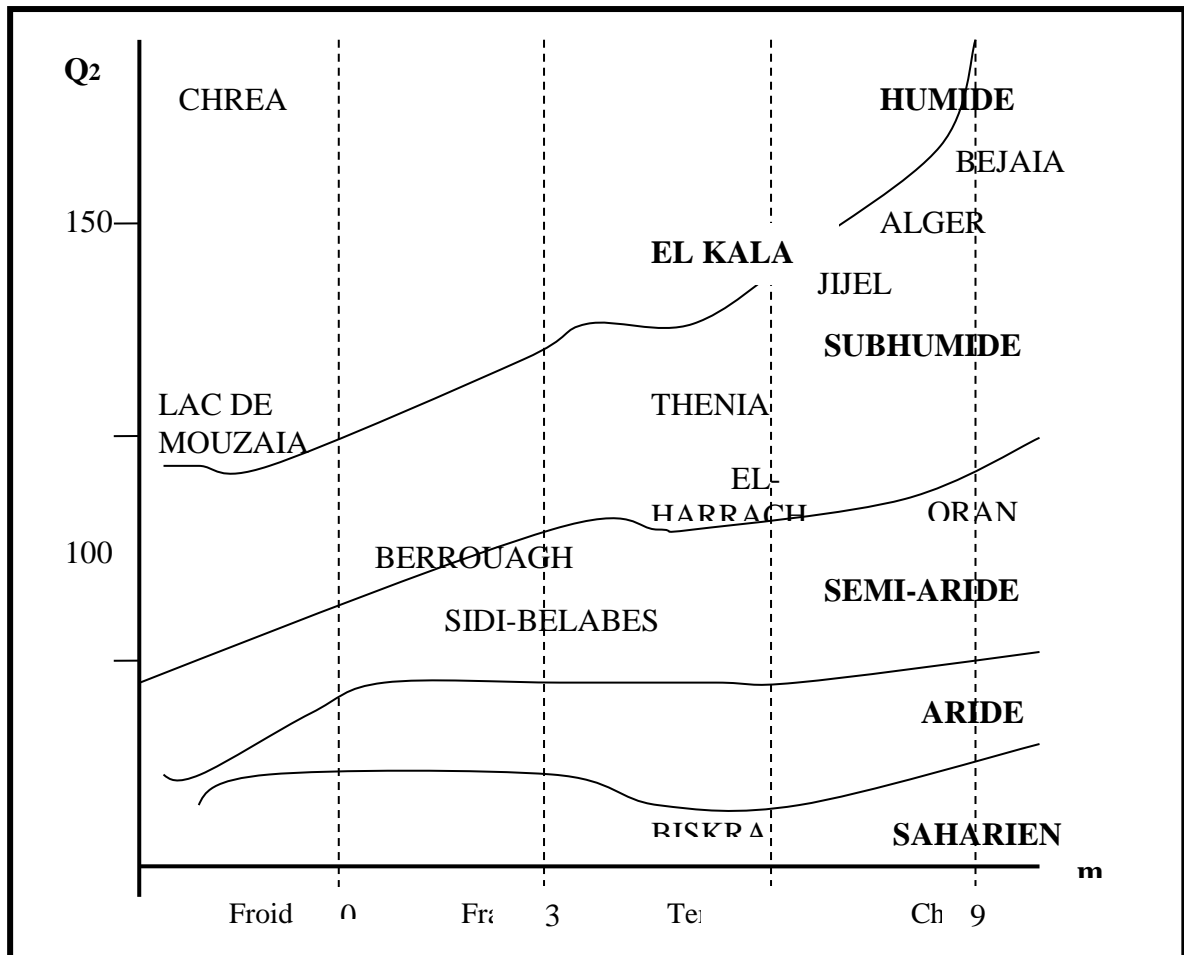


Figure 2: Position d'El Kala dans le climagramme d'Emberger

I.4. Richesses biologiques

La particularité de la région réside aussi dans sa biodiversité. Le Parc National d'El-Kala abrite une richesse faunistique remarquable, déjà Joleaud (1936), rapportait que les Lions s'y sont maintenus jusqu'en 1891 et les Panthères jusqu'en 1930. Aujourd'hui non moins riche, la faune compte environ 37 espèces de mammifères, 190 espèces d'oiseaux dont 55 hivernantes et 135 nicheuses, 42 espèces d'Odonates, 76 espèces de Syrphidés, 60 espèces de Carabidés,

45 espèces de Lépidoptères (Benyacoub et *al.*, 1998) et 24 espèces de reptiles dont 6 amphibiens (Rouag, 2006).

Avec environ 850 espèces, le PNEK abrite près du tiers de la flore algérienne. Le patrimoine floristique est constitué de 550 Spermaphytes et 300 Cryptophytes (De Belair, 1990). Parmi ces derniers nous avons, 30 fougères, 110 champignons, 40 mousses, 70 algues et 50 lichens (Benyacoub et *al.*, 1998). Des 135 familles recensés dans la flore de Quezel et Santa (1962), plus de 100 familles sont représentées dans la région. La flore du PNEK, constitue un véritable mélange d'espèces d'origines biogéographiques diverses, avec d'une part l'élément méditerranéen dominant (50%) et d'autre part, des espèces à affinité européenne (20%), cosmopolite (20%) et tropicale (10%).

II- MODELE BIOLOGIQUE

Les Mésanges bleues se prêtent bien à l'analyse des processus fondamentaux du fonctionnement et de l'évolution des populations naturelles. Leur taille, leur abondance et leur durée moyenne de vie donnent accès à l'observation des individus souvent sur plusieurs années, et leur sédentarité permet de les étudier tout au long de leur cycle annuel. Ce sont principalement ces deux caractéristiques (abondance générale et facilité d'accès) qui ont favorisé le choix de ce modèle biologique (Photo 1).



Photo 1 : Mésange bleue *Cyanistes caeruleus ultramarinus*

Depuis 2006, la Mésange bleue appartient au genre *Cyanistes* et non plus au genre *Parus*, même si certains auteurs continuent à l'utiliser. En effet, selon la nouvelle classification phyllo-géographique (source : IOC World Bird List V.2.4., 2010) :

Classification :

- Classe : Aves
- Ordre : passerriformes
- Famille : Paridae
- Genre : Cyanistes
- Nom binomiale : *Cyanistes caeruleus* (Linnaeus 1758)
- SSP : *Cyanistes caeruleus ultramarinus* (Linnaeus 1758)

La famille des Paridae comporte 59 espèces de mésange appartenant à 08 genres :

- Le genre *Parus* compte 26 espèces
- Le genre *Poecile* compte 15 espèces
- Le genre *Periparus* compte 06 espèces
- Le genre *Baeolophus* compte 05 espèces
- Le genre *Cyanistes* compte 3 espèces
- Le genre *Lophophanes* compte 02 espèces
- Le genre *Sylvaparus* compte 01 espèce
- Le genre *Melanochlora* compte 01 espèce

Le genre *Cyanistes* qui nous intéresse comprend désormais :

- *Cyanistes caeruleus* (Linné 1758)
- *Cyanistes teneriffae* (Lesson 1831)
- *Cyanistes cyanus* (Pallas 1770)

Cyanistes caeruleus comprend 3 sous espèces :

- ***Cyanistes caeruleus ultramarinus*** (mésange maghrébine)
- *Cyanistes caeruleus degener* (mésange de Fuerteventura)
- *Cyanistes caeruleus ombriosus* (mésange de Palma)

Les mésanges sont des petits passereaux, dont l'aire de distribution s'étend des îles Canaris au large du Sahara occidental, jusqu' à la Scandinavie et la Finlande. L'Afrique du Nord représente l'extrême sud de leur aire de répartition (Fig. 3). Heim de Balzac et Mayaud, 1962, les considèrent communes en Algérie et en Tunisie, de la mer aux premières oasis sahariennes. Si dans la partie tempérée de leur aire, elles sont essentiellement liées aux essences caducifoliées, dans la partie sud (méditerranéenne) lorsque ce type d'essence fait défaut, elles fréquentent aussi les essences sempervirentes tels que le Chêne liège et le Chêne vert, ainsi que les cédraies et les pinèdes.

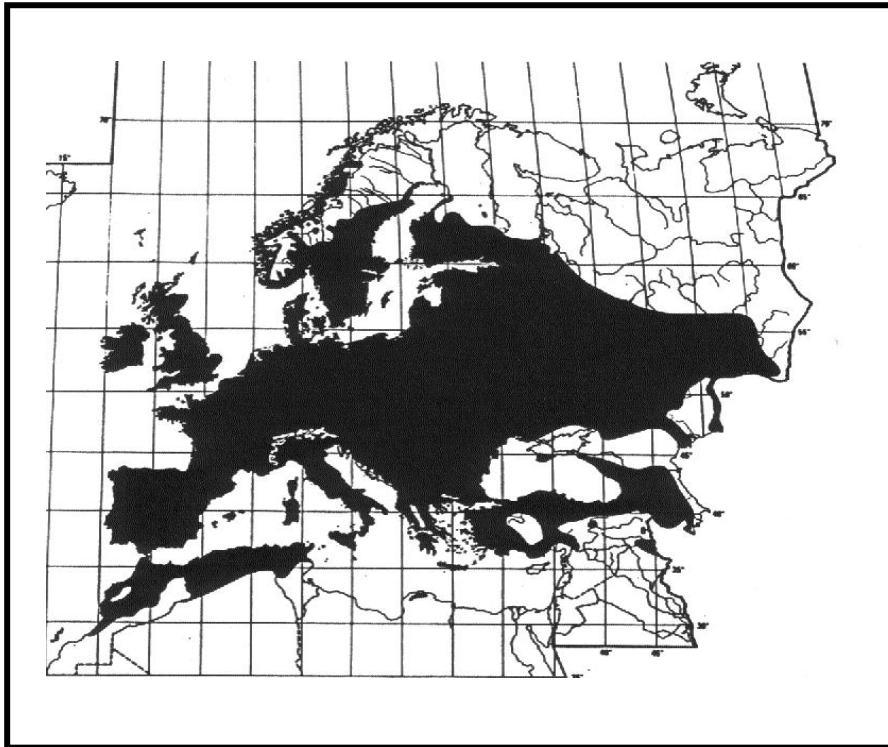


Figure 3 : Aire de répartition de *Cyanistes caeruleus* (Cramp et Perrins, 1993)

La Mésange bleue est un petit passereau forestier qui niche spontanément dans des cavités (trous d'arbres et niochirs artificiels). Cette espèce présente une grande variation phénotypique surtout en région méditerranéenne à cause des barrières géographiques qui freinent le brassage de gènes entre populations (Martin 1988, Dias et *al.* 1996, Charmantier, 2000). Les populations européennes continentales appartiennent à la forme nominale *caeruleus*, celles de Corse à la sous espèce *ogliastrae* (Vaurie 1957), et en Afrique du Nord, elle est représentée par la sous espèce *ultramarinus*. Elle mesure 11.5 cm environ et pèse en moyenne 11.5 gr. Le dimorphisme sexuel est faible avec un avantage pondéral pour le mâle. La mésange bleue est sédentaire, au moins en région méditerranéenne où les densités des populations sont très variables : de 0.59 couples/ 10 ha dans le maquis bas, jusqu'aux forêts d'altitude, où les densités deviennent relativement importantes (7 couples/ 10 ha dans les subéraies d'altitude à 11 couples/ 10 ha dans la zénaie) (Benyacoub et Chabi 2000). La durée de vie de l'espèce est très variable : la plupart des individus meurent dans la première année

de leur naissance, mais ceux qui ont passé ce cap voient leur espérance de vie augmenter considérablement puisque la survie annuelle moyenne des adultes varie de 50 à 70% (Blondel et *al.*, 1997). La période de reproduction de la Mésange bleue se fait entre la mi-mars et la mi-juillet car elle varie selon la latitude et l'altitude (Lack 1954, Chabi, 1998). C'est la femelle qui s'occupe de la construction du nid, qui se fait en 3 à 10 jours (Isenmann 1997). Celui-ci est constitué d'une assise de mousses parfois mélangée de quelques radicelles et de brins d'herbe, au-dessus de laquelle est installée une coupe formée de poils et de nombreuses plumes qui abritera la ponte et lui assurera une bonne isolation thermique (Isenmann 1997). La femelle pond de 6 œufs en Corse à 15 œufs sur le continent européen (Beltra 1991). Dans la région Nord africaine, la ponte varie de 4 à 12 œufs (Chabi 1998, Moali et *al.*, 1992). La femelle pond un œuf par jour et commence à couver lorsque la ponte est complète ou presque terminée. L'incubation dure de 12 à 14 jours et l'élevage des jeunes de 18 à 21 jours (Dias, 1994). Après l'envol, les jeunes sont assistés par leurs parents durant une période de 10 à 15 jours (Beltra 1991, Dias, 1994), la dispersion intervient dans le courant de l'été. Les mésanges sont essentiellement insectivores, elles se nourrissent surtout de chenilles de Lépidoptères, mais aussi d'araignées, de mollusques voire même de graines (Perrins 1970). Les chenilles, nourriture de base des mésanges, se nourrissent elles mêmes de jeunes feuilles d'arbres au fur et à mesure de leur croissance.

III. METHODOLOGIE GENERALE

III. 1 Sites échantillonnés

Pour les besoins de l'étude, nous avons retenus deux sites, l'un sempervirent situé à basse altitude, il s'agit d'une subéraie à dominance de chêne liège et l'autre caducifolié situé à haute altitude, c'est une zénaie composée essentiellement de chêne zéen.

III.1.1. Subéraie de Brabtia (36°53N-8°30E)

La forêt domaniale de Brabtia déclarée réserve naturelle en 1979 est située à environ 8km à l'ouest de la ville d'El-Kala. Couvrant une superficie de 350 hectares, cette subéraie avec sous bois a été incendiée plusieurs fois, la dernière en 2000. Située au Sud-Ouest du lac Mellah et s'étendant le long de oued Bouaroug, la réserve est dotée d'un ensemble de milieux et de types de végétation exceptionnels. D'une manière générale, le milieu correspond à la forêt au sens strict avec la présence de trois strates fondamentales : la strate arborée, la strate buissonnante et la strate herbacée (Photo 2).

- La strate arborée est composée de *Quercus suber* dont les sujets peuvent atteindre 8 mètres, leur recouvrement moyen est de 60 % environ. Le sous-bois est haut et dense, il est constitué principalement de *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Rubus ulmifolius*, *Crataegus monogyna*, *Erica arborea*, *Myrtus communis*...etc. ces espèces forment un enchevêtrement de rameaux, de branches et lianes qui peuvent atteindre 4 mètres de haut et se confondre avec les branches basses des arbres formant ainsi une maille continue de végétation du sol à la canopée. La hauteur du sous-bois est de 2,5 mètres avec un recouvrement moyen au sol de 37%. Le développement printanier du sous-bois est précoce par rapport aux arbres. La strate herbacée est relativement rare du fait de la densité importante du sous-bois, elle est composée de quelques graminées et de pieds épars d'Asphodèles de Doum dont le recouvrement ne dépasse pas 6%.



Photo 2 : Subéraie de Brabtia (cliché ZIANE N.)

III.1.2. Zeenaie d'El-Ghorra (36°32N-8°20E)

Classée zone intégrale au sein du PNEK, la forêt d'El-Ghorra est située à la partie Sud-Est du PNEK à partir de 900 mètres d'altitude. Couvrant une superficie de 11000 hectares, elle est limitée au Nord par Mechtat Réhane et la forêt d'El-Feden, à l'Est et au Sud par la frontière algéro-tunisienne, et Djebel El-Hadid et à l'Ouest par oued Bougous. La forêt domaniale d'El-

Ghorra se distingue par un nombre important d'espèces endémiques et rares. La présence du Houx (*Ilex aquifolium*) en association avec le Chêne zeen au niveau des "Kefs" et des "Chaabats" représente une particularité pour toute la région du PNEK. On note également la présence de *Quercus ilex*, découvert en 1998 dans la région ouest de la forêt, *Arbutus unedo*, *Prunus avium* et *Celtis australis* sur les crêtes et les "Kefs".

Le site d'étude est représenté par une strate arborée dominante particulièrement monospécifique (Photo 3), présentant quelques sujets de chênes liège, de saules, de sapins et de cyprès. Les arbres ont une hauteur moyenne de 17.5 m et un recouvrement moyen de 68% environ, certains ont un diamètre pouvant atteindre 2m. Le sous bois est peu développé, sa hauteur moyenne est de 1 mètre pour un recouvrement moyen de 22%, il est caractérisé par *Rubus ulmifolius*, *Crataegus monogyna*, *Prunus avium*, *Prunus insititia*, *Viburnum tinus*, et parfois *Laurus nobilis* (Sari 2002). La strate herbacée est constituée d'espèces sciaphiles telles que : *Pteris aquilina*, *Osmonda regalis*, *Bromus sp*, *Asphodelus microcarpus*... Les lianisants très présents, sont représentés par *Hedera helix* et *Smilax aspera*.



Photo 3 : Zénaie d'El-Ghorra (cliché ZIANE N.)

III.2. Méthodes d'échantillonnage

L'étude a été réalisée durant trois années successives de 2001 à 2003. Nous avons installé chaque année en moyenne 100 nichoirs, soit un total de 300 nichoirs répartis équitablement entre les deux sites. Les nichoirs sont en bois confectionnés artisanalement (Photo 4) en tenant compte surtout du volume interne minimum et nécessaire à la construction du nid.



Photo 4 : Nichoir placé sur un arbre (cliché ZIANE N.)

Les nichoirs ayant un trou d'envol de 26 mm de diamètre ont été installés à la mi-février sur des arbres de même âge, à 2 – 2.50 mètres du sol, distants de 40 à 60 mètres dans la subéraie et de 30 mètres dans la zénaie. Nous avons diminué la distance entre les nichoirs à cause de la forte densité des Mésanges bleues dans cet habitat (11 couples/10 hectares). Ils ont été visités une fois par semaine du début mars jusqu'à la fin juin.

III.2.1. Paramètres démographiques

Dès la construction des nids, des visites hebdomadaires nous ont permis de noter les stades de construction des nids qui s'accomplissent en 7 étapes distinctes (Tableau 4). L'échelle utilisée

a été mise au point par les chercheurs du Centre National de la Recherche Scientifique (C.N.R.S) de Montpellier (Chabi 1998).

Tableau 4 : Stades de construction du nid (in Chabi, 1998)

STADE	PHASES DE CONSTRUCTION DU NID
1	Moins de 10 brindilles de mousses.
2	Plus de 10 brindilles de mousses.
3	Plus de 10 brindilles arrangées, mais le fond du nichoir est visible.
4	Construction de la coupe.
5	Coupe terminée sauf le revêtement intérieur.
6	Nid prêt pour la ponte.
7	Oeuf dans le nid.

Après la construction des nids, nous avons suivi la phénologie de reproduction de l'espèce en notant et calculant les paramètres suivants :

- La date de ponte qui représente la date à laquelle le premier œuf est pondu, pour toutes les dates, le 1^{er} Mars correspond, par convention au jour 1.
- La période de ponte qui correspond à l'intervalle qui sépare la ponte du premier œuf du couple le plus précoce, et la ponte du premier œuf du couple le plus tardif.
- La grandeur de ponte qui définit le nombre d'œufs qu'une femelle peut pondre, en supposant que celle-ci pond un œuf par jour tôt le matin.
- Le nombre d'œufs éclos et la masse de la couvée qui représente la masse des œufs pondus dans un nid (peson de 10 g).

III.2.2. Paramètres morphologiques et hématologiques

L'âge des poussins est déterminé grâce à une échelle établie par les chercheurs du C.E.F.E / C.N.R.S de Montpellier (Tab. 5).

Après l'éclosion, les poussins sont individualisés en marquant leurs pattes avec des feutres indélébiles. A l'âge de 5 jours, ils sont bagués avec des bagues métalliques numérotées permettant ainsi leur identification pendant et après leur séjour au nid.

Tableau 5 : Détermination de l'âge des poussins

AGE	CRITERES DE DETERMINATION
Eclosion	Toupet de duvet gris sur la tête, commissures du bec jaunes, gosier rouge orangé, poussins nus rouges, aveugles, silencieux.
1^{er} jour	Poussins jaunissant, pépient faiblement.
2^{ème} jour	Faibles taches ponctuelles noirâtres médianes sur le dos (fourreaux des plumes de couverture).
3^{ème} jour	Les fourreaux des rémiges pointent de 1 mm environ sur les ailes.
4^e jour	Bandes dorsales des fourreaux noirs, bien marquée.
5^e jour	Les fourreaux des rémiges font 5 mm, ceux des rectrices pointent au croupion.
6^e jour	Deux lignes latérales jaunes apparaissent sur le ventre, les yeux commencent à s'entrouvrir.
7^{ème} / 8^{ème} jour	Fourreaux des rémiges de 10 mm, des plumes sortent de la tête, les yeux sont au $\frac{3}{4}$ ouverts.
9^e jour	Duvet sur presque tout le corps, les rémiges sortent de leurs fourreaux de 5 mm, la tête est bien emplumée.
10^e jour	Ventre emplumé sauf 5 mm au centre, yeux grands ouverts, rémiges de 8 mm, rectrices de 4 mm.
11^e jour	Raie ventrale sans plumes de 2 mm, rémiges de 12 mm, rectrices de 6 mm.
12^e jour	Raie ventrale bien emplumée, rémiges de 12 mm, rectrices de 8 mm.
13^e jour	Croupion, haut de cuisse et flancs encore garnis de duvet.
14^{ème} / 15^{ème} j	Commencent à voler.
16^{ème} / 18^{ème} j	Les poussins peuvent volés et se percher à un arbre.

A l'âge de 15 jours nous avons effectué les manipulations suivantes :

- Nous avons pesé les oisillons à l'aide d'un peson de 30g (précision 1g).
- Nous avons mesuré la longueur du tarse et celle de l'aile pour évaluer la condition corporelle des jeunes (pied à coulisse, précision, 0.01mm).

- Nous avons prélevé 10 μ l de sang par oisillon (de la veine alaire) dans un tube capillaire hépariné qui est immédiatement conservé au frais (dans une glacière). Le sang a été centrifugé à 12 000 tours/min et nous avons estimé le taux d'hématocrite. Celui-ci correspond au volume d'hématies rapporté au volume sanguin total. Cette mesure est donc un indicateur de la santé de l'individu : plus elle est faible, plus l'individu est anémié,
- Nous avons également prélevé 10 μ l de sang par oisillon à l'aide d'une micro-pipette pour le comptage des globules rouges et ce pour évaluer l'état sanitaire des poussins. Le comptage est réalisé au laboratoire avec la cellule de Thoma (Bearhop et *al.*, 1999), auparavant, les 10 μ l de sang sont dilués dans 4 ml d'eau physiologique (400 fois).

Nous avons calculé aussi :

- le succès de la reproduction qui correspond au rapport du nombre de poussins envolés sur le nombre d'œufs pondus.
- Le succès à l'envol qui exprime le rapport du nombre de poussins envolés sur le nombre d'œufs éclos.

Les protocoles expérimentaux seront néanmoins définis séparément au niveau de chaque chapitre.

IV. ANALYSE DES DONNEES

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du programme JMP in version 3.2 (SAS institute Inc. 1998, 2^{ème} génération) et Statistica 1997 (version 5.1). Pour chaque paramètre nous avons calculé la moyenne le maximum, le minimum et l'écart type. Nous avons utilisé le test T de Student pour comparer deux moyennes entre elles et l'analyse de la variance pour comparer plusieurs moyennes entre elles. Nous avons également utilisé le test X^2 pour comparer les pourcentages entre eux ainsi que le coefficient de corrélation de Pearson pour analyser les relations entre les différents paramètres de la reproduction.

CHAPITRE 1 : VARIATION DES TRAITS BIODEMOGRAPHIQUES DE LA MÉSANGE BLEUE *CYANISTES CAERULEUS ULTRAMARINUS* DANS LES ESSENCES CADUCIFOLIEE ET SEMPERVIRENTE

I. INTRODUCTION

Les espèces animales qui occupent une aire de répartition géographique importante sont soumises à des conditions écologiques variées. Ainsi, pour survivre, les populations qui les constituent, doivent impérativement ajuster les modalités de leur reproduction aux contraintes spécifiques propres à chaque type d'habitat. Cette stratégie adaptative a pour conséquence le succès de la reproduction de l'espèce dans des conditions écologiques très variées. Sa survie dépend forcément de ses capacités à s'adapter à ces contraintes. Parmi les espèces qui sont soumises à des conditions écologiques variées se compte la Mésange bleue *Cyanistes caeruleus ultramarinus*. De nombreuses études de biologie de reproduction des populations de Mésange bleue couvrant la plupart de son aire de répartition ont montré une grande variation des traits d'histoire de vie, suite à la variation des facteurs environnementaux (Svensson and Nilsson, 1995). La niche écologique peut être définie comme l'ensemble des besoins qu'à un organisme pour survivre et se reproduire dans son milieu et des actions qu'il développe pour les satisfaire (Blondel 1975). Elle comprend la ressource alimentaire, l'habitat, le partenaire sexuel, les sites de reproduction et les moyens mis en œuvre pour se les procurer. Ainsi, l'organisme exploite les richesses de son environnement afin de produire lui-même les éléments qui lui permettront de survivre et se reproduire (Combes 1995) : matière organique (corps), procédés (les processus biochimiques), travail (les activités de déplacement, nettoyage, soins aux descendants et aux congénères, évitement des prédateurs...) et fruit du travail (les constructions...). Chaque organisme, à la fois producteur et consommateur, est donc sans cesse en interaction, non seulement avec le milieu abiotique, mais également avec les autres êtres vivants.

Parmi, les facteurs environnementaux, les plus importants sont ; la photopériode, la température, la phénologie des arbres et l'abondance de nourriture (Dawson et al. 2001, Grieco et al. 2002, Hau 2001, Visser & Lambrechts 1999). Certains de ces facteurs ont une

influence importante sur le timing de la reproduction de l'espèce alors que d'autres semble agir en fin de reproduction (Caro *et al.* 2006, Lambrechts *et al.* 1997, Caro *et al.* 2007). Ainsi, la température agirait indirectement sur le développement des ressources alimentaires (Bellot *et al.* 1991) et, la phénologie du débourrement des arbres déterminerait la période d'abondance des chenilles et par conséquent influencerait la période de reproduction (Blondel *et al.* 1987, Clamens 1988 & 1990, Perrins et Mc Cleery 1989, Zandt *et al.* 1990). En conséquence, les individus qui réussissent mieux leur reproduction sont ceux qui ajustent le mieux la présence des poussins au nid avec le maximum de disponibilité alimentaire dans le milieu, de façon à maximiser les chances de survie des jeunes (Lack, 1968). Les interactions entre organismes sont généralement classées en fonction de leur caractère positif (bénéfique), négatif (désavantageux) ou neutre (Cheng, 1991), pour chacun des deux partenaires. Les interactions désavantageuses pour un des deux partenaires sont la compétition (les deux partenaires, d'une même espèce ou d'espèces différentes, étant candidats à même ressource limitante), la prédation (un des deux partenaires, le prédateur consommant l'autre, la proie) et le parasitisme (un des deux partenaires, le parasite, vivant aux dépens de l'autre, l'hôte) (Hurtrez-Bousses, 1996). Les Mésanges bleue constituent un bon modèle d'étude pour comprendre ces différentes interactions.

En région méditerranéenne, plusieurs études ont montré que les populations nichant dans des forêts caducifoliées ont une reproduction plus précoce et une plus grande fécondité, alors que celles nichant dans des milieux sempervirents se reproduisent plus tard et ont une fécondité moindre (Blondel *et al.*, 1987). Ces différences ont été mises en rapport avec la disponibilité alimentaire dans chaque type d'habitat. La nourriture est un important facteur proximal et évolutif qui joue un rôle crucial, au même titre que la prédation (Martin, 1993) et le parasitisme (Minchella & Verde 1981, Hochberg & *al.* 1992, Forbes 1993, Lafferty 1993, Richner & Heeb 1995, Bouslama 2003), dans le façonnement des traits d'histoire de vie des populations (Lack 1954, 1968, Perrins 1970 et Martin 1987). Des aspects clés de la reproduction des oiseaux, telles la date et la taille de ponte sont directement liées à la disponibilité des ressources alimentaires (Perrins 1970, Dren Martin 1987, Perrins et Mc Cleery 1989, Henrich-Gebhardt 1990, Zandt *et al.* 1990). La nourriture est même considérée comme étant le principal facteur ultime dans l'évolution de ces deux paramètres (Lack 1950, Perrins 1970, Immelmann 1971, Martin 1987, Perrins et Mc Cleery 1989).

En Algérie, les habitats forestiers sont dominés essentiellement par des essences sempervirentes (Chêne vert et Chêne liège) et parsemés de quelques taches de milieux caducifoliés (Chêne zeen, Aulne et Frêne). Il y a donc, une variation inter-habitat importante des conditions alimentaires pour les Mésanges, qui influent sur les traits d'histoire de vie et le succès de reproduction local (Floret & *al.* 1989, Chabi, 1997). Dans la région d'étude, et selon les données antérieures (Chabi e&t *al.* 1995 & Chabi & Isenmann, 1997), les dates de pontes en relation avec le débourrement des arbres, sont plus précoces dans le milieu sempervirent que dans le milieu caducifolié situé à haute altitude, les grandeurs de ponte sont plus importantes dans le chêne zeen ainsi que le succès moyen à l'envol. En ce qui concerne, les interactions entre la Mésange bleue et les autres organismes, les données sur les deux milieux étudiés sont rares. En effet, à l'exception d'une étude sur les ectoparasites de la subéraie de basse altitude et leur impact sur les poussins de Mésange bleue (Bousslama, et *al.* 2002, Bousslama 2003) aucune autre information n'est rapportée dans la bibliographie.

Dans ce contexte, nous nous sommes proposé d'étudier et de comparer les paramètres de la reproduction de deux populations de Mésange bleue, l'une nichant dans un habitat sempervirent de plaine (une subéraie) et l'autre dans un habitat caducifolié de haute altitude (une zeenaie). Si les résultats obtenus sont différents entre les deux populations, quel serait alors le ou les facteurs distincts entre les deux milieux et quel serait leur impact sur la reproduction de la Mésange bleue ? Afin de répondre à ces questions, nous nous proposons d'étudier, en plus des paramètres de la reproduction, l'inventaire des ectoparasites ainsi que la quantification de la prédation au nid.

II. METHODES D'ECHANTILLONNAGE

II.1. Paramètres démographiques

60 nichoirs ont été installés dans chacun des deux sites durant l'année 2001. Ils ont été placés dès la fin février dans la subéraie et à la mi-mars dans la zéenaie. Ils ont été visités une fois par semaine dès l'installation jusqu'à la mi-juin. Dès la construction des nids, nous avons noté et calculé les paramètres de reproduction décrits dans Matériel et méthodes.

II.2. Inventaire des ectoparasites

Après l'envol des oisillons, les nids ont été récupérés et déposés dans des sacs en plastique dans le réfrigérateur à environ 10° C, jusqu'à la fin de la saison de reproduction. Nous les

avons examinés ensuite sous binoculaire (Gr x 10) pour la collecte et la quantification des différents ectoparasites.

II.3. Quantification de la prédation au nid

Dès la ponte des œufs, nous avons calculé :

- La taille de ponte qui correspond au nombre d'œufs pondus.
- La prédation au stade œufs qui correspond au rapport entre le nombre d'œufs prédatés au nid et le nombre d'œufs pondus.
- La prédation au stade pulli qui correspond au rapport entre le nombre d'oisillons prédatés et le nombre d'œufs éclos.

II.4. Analyse des données

L'analyse statistique des paramètres morphologiques a été effectuée en utilisant les logiciels SAS (1998) et Statistica, 1997 version 5 . Parallèlement, pour chaque ectoparasite nous avons calculé les indices parasitaires (abondance, prévalence, intensité parasitaire) proposés par Margolis & *al.*, (1982) en utilisant le programme Parasitology Quantitative 2.0 (Rozsa & *al.*, 2000; Reiczigel et Rozsa, 2001).

- **La Prévalence (P) :** C'est le rapport en pourcentage du nombre de nichées infestées (N_p) par une espèce donnée de parasite sur le nombre de nichées examinées N .

$$P(\%) = N_p / N * 100$$

- **L'Abondance (A) :** Elle correspond au rapport du nombre total d'individus d'une espèce de parasite (n) sur le nombre total des nichées examinées (N).

$$A = n / N$$

- **Intensité parasitaire (I)** : Elle correspond au rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite (n) sur le nombre de nichées infestées (Np).

$$I = n/Np$$

III. RESULTATS ET INTERPRETATION

III.1. Phénologie de la reproduction de la Mésange bleue dans l'habitat sempervirent

III.1.1. Paramètres démographiques

III.1.1.1. Taux d'occupation des nichoirs

Sur les 60 nichoirs installés, 10 ont disparu, probablement volés. Seuls 50 nichoirs ont été utilisés. Ainsi, 14 nichoirs ont été occupés, 13 par la Mésange bleue (Tab.1) soit un taux d'occupation de 26 % et 01 par la Mésange charbonnière soit un taux d'occupation de 2%.

Tableau 1 : Taux d'occupation des nichoirs au niveau de l'habitat sempervirent

Nichoirs installés	Nichoirs disparus	Nichoirs occupés par la Mésange bleue	Nichoirs occupés par la Mésange charbonnière
60	10	13	01

III.1.1.2. Date et période de ponte

Les femelles de Mésange bleue pondent en moyenne dans la subéraie le 4 avril (Tab 2). La période de ponte est étalée sur 22 jours, le premier œuf du couple le plus précoce a été pondu le 28 mars et celui du couple le plus tardif le 18 avril. Le maximum de pontes a eu lieu entre le 28 mars et le 2 avril (Fig 1).

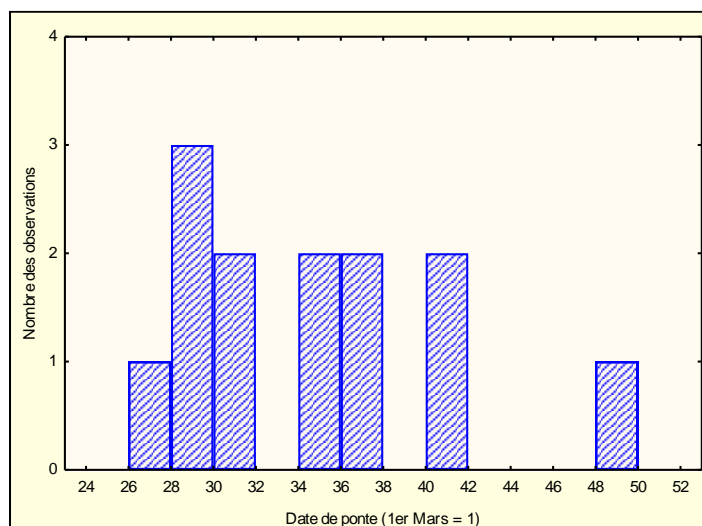


Figure 1: Fréquences d'observation des dates de pontes dans la subéraie
(1^{er} mars = 1)

III.1.1.3. Grandeur de ponte et masse de la couvée

La grandeur de ponte moyenne est de 6.76 œufs par femelle (tab 7). Elle varie de 5 à 8 œufs selon les nichées. Nous avons dénombré au total, 05 pontes de 7 œufs (38 %), 04 pontes de 6 œufs (31 %), 03 pontes de 8 œufs (23 %) et 01 ponte de 5 (8 %) (Fig. 2).

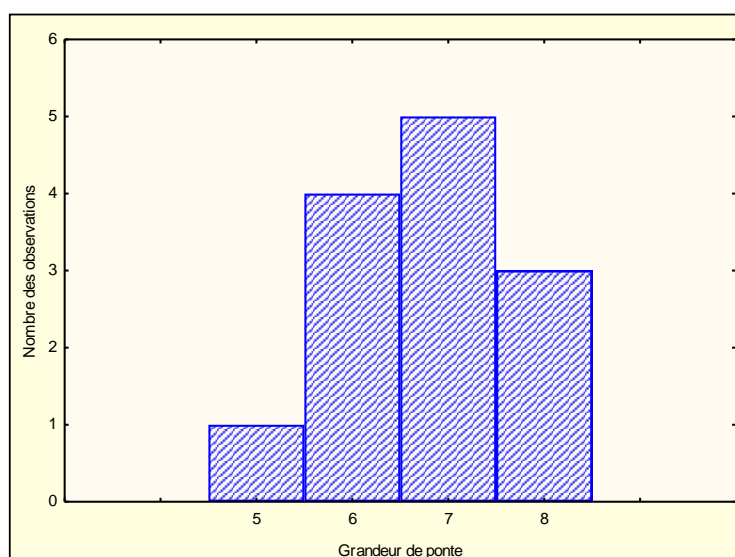


Figure 2 : Fréquences d'observation des grandeurs de pontes dans la subéraie

La grandeur de ponte tend à augmenter au cours de la saison, l'analyse statistique montre une relation positive et significative ($r = 0.60$, $p < 0.05$) entre la date et la grandeur de ponte (Fig.3).

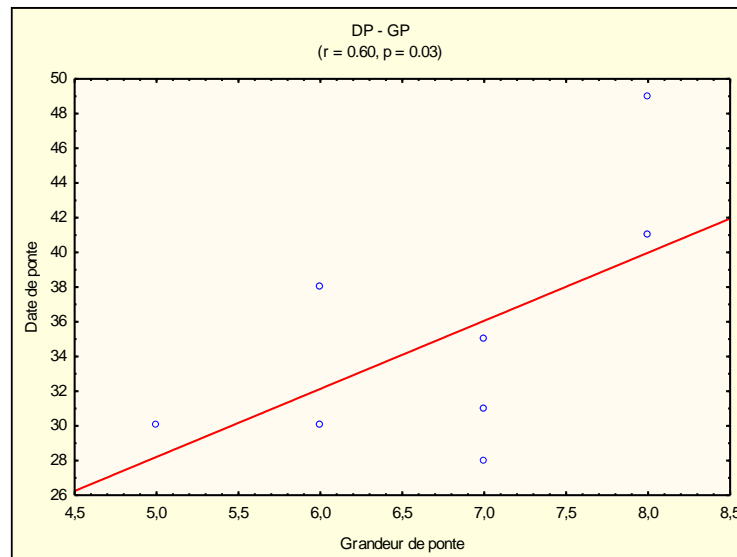


Figure 3: Relation entre la date et la grandeur de ponte

La masse de la couvée varie entre 05.50 et 8 g (Fig. 4) avec une moyenne de 6.83 g (tab 7). Les nichées de 7 g sont les plus fréquentes. La masse moyenne de l'œuf est de 1 g.

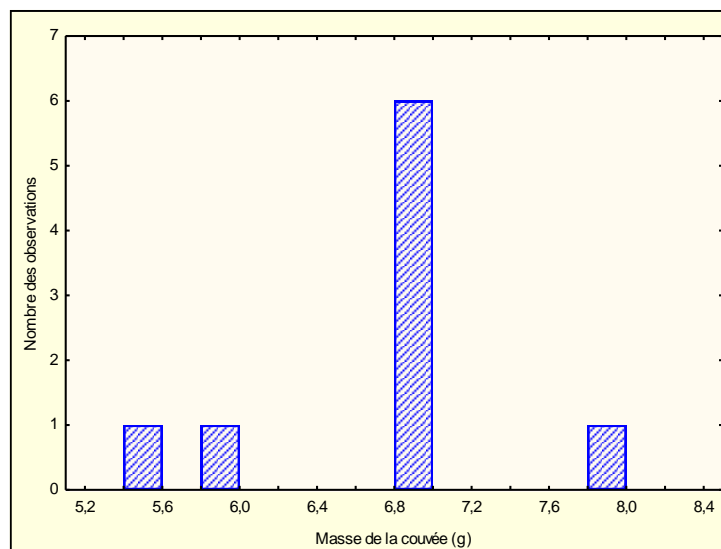


Figure 4 : Fréquences d'observation de la masse des couvées dans la subéraie

L'analyse statistique montre d'une part, qu'il n'y a pas de relation significative entre la date de ponte et la masse de la couvée ($r = 0.004$, $p > 0.05$) et d'autre part une relation positive et significative avec la grandeur de ponte ($r = 0.667$, $p < 0.05$) (Fig. 5).

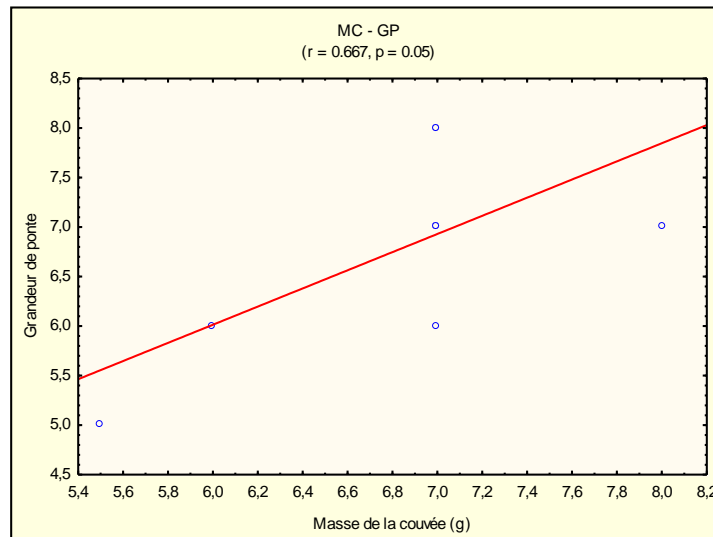


Figure 5 : Relation entre la masse de la couvée et la taille de ponte

III.1.1.4. Œufs éclos et succès de la reproduction

Le nombre moyen d'œufs éclos est de 5.55 œufs (Tab. 2), il correspond à un succès de la reproduction de 47.72 %. Les œufs éclos varient entre 3 et 7 œufs selon les nichées (Fig. 6).

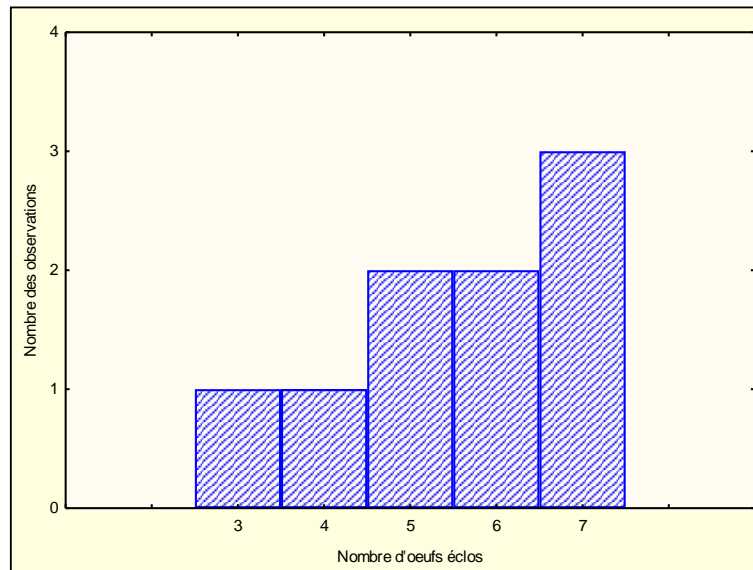


Figure 6 : Fréquences d'observation des œufs éclos dans la subéraie

L'analyse statistique ne montre pas de variation du nombre d'œufs en fonction de la date de ponte ($r = -0.218$; $p > 0.05$), et de la taille de ponte ($r = 0.4552$; $p > 0.05$).

III.1.1.5. Masse des oisillons à l'envol

La masse moyenne des oisillons âgés de 15 jours est de 9.40 g (tab 7). Elle varie de 7.35 à 10.50 g, cependant, 88.88% des nichées ont un poids supérieur à 10g alors que seule une nichée présente en moyenne une masse inférieure à 10g (Fig. 7).

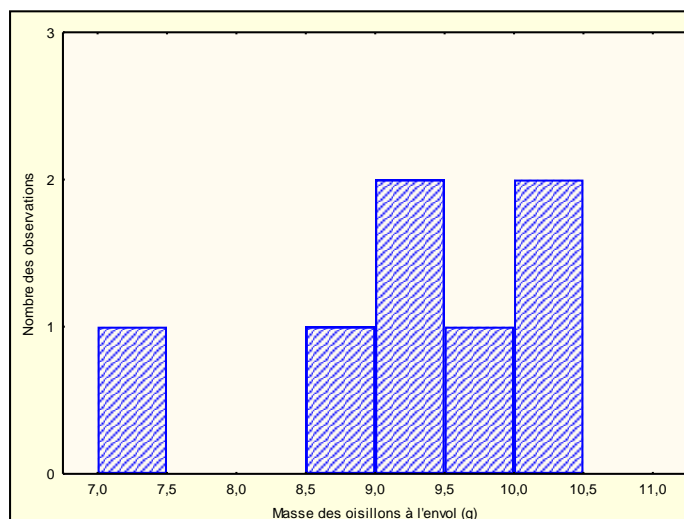


Figure 7 : Fréquences de la masse des oisillons à l'envol dans la subéraie

L'analyse statistique ne montre pas de relation significative avec la date ($r = 0.310$, $p > 0.05$) et la grandeur de ponte ($r = 0.603$, $p > 0.05$).

III.1.1.6. Mesures morphométriques

Les mesures du tarse et de l'aile ont été réalisées pour chaque poussin âgé de 15 jours. La longueur moyenne du tarse est de 15.34 mm (Tab 7), elle est comprise entre 14.50 et 16.90 mm (Fig. 8). 62.5 % des nichées ont une longueur moyenne dépassant les 15 mm.

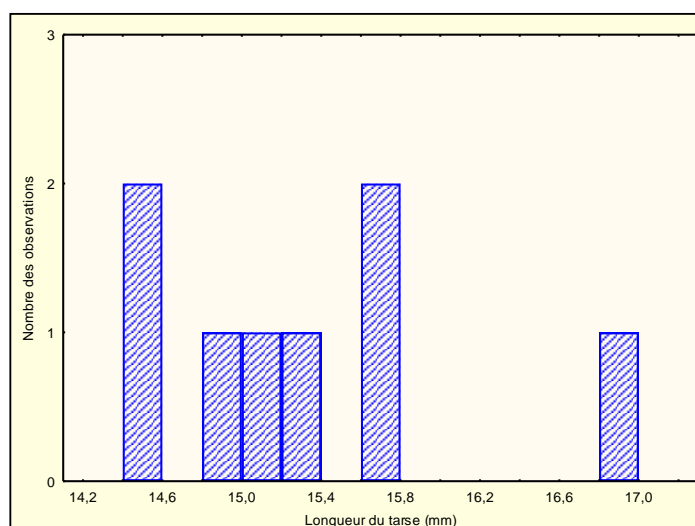


Figure 8: Fréquences d'observation de la longueur du tarse (mm) dans la subéraie

En ce qui concerne l'aile, la longueur moyenne est de 39.44 mm (Tab 2), elle est comprise entre 28.50 et 58.25 mm (Fig. 9). Les longueurs les plus fréquentes sont situées entre 35 et 40 mm.

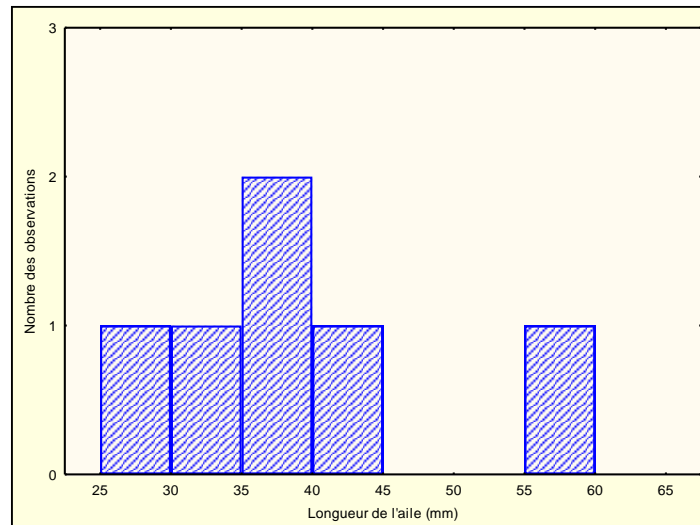


Figure 9: Fréquences d'observation de la longueur de l'aile (mm) dans la subéraie

L'analyse statistique ne montre pas de différences significatives entre la date de ponte et les longueurs du tarse ($r = -0.451$, $p > 0.05$) et de l'aile ($r = 0.396$, $p > 0.05$). Aussi, il n'existe pas de relation significative entre la longueur de l'aile et la celle du tarse ($r = 0.094$; $p > 0.05$).

III.1.1.7. Paramètres hématologiques

Le pourcentage moyen d'hématocrite est de 39.68 % (Tab. 2), il est compris entre 32.82 % et 47.98 %, il est relativement élevé (Fig. 10). Le nombre de globules rouges moyen est de $2.80 \cdot 10^6/\text{ml}$ (Tab. 2), il est compris entre $2.01 \cdot 10^6/\text{ml}$ et $4.01 \cdot 10^6/\text{ml}$ globules (Fig. 11).

Il n'existe pas de relation significative entre le taux d'hématocrite et le nombre de globules rouges ($r = -0.301$, $p > 0.05$).

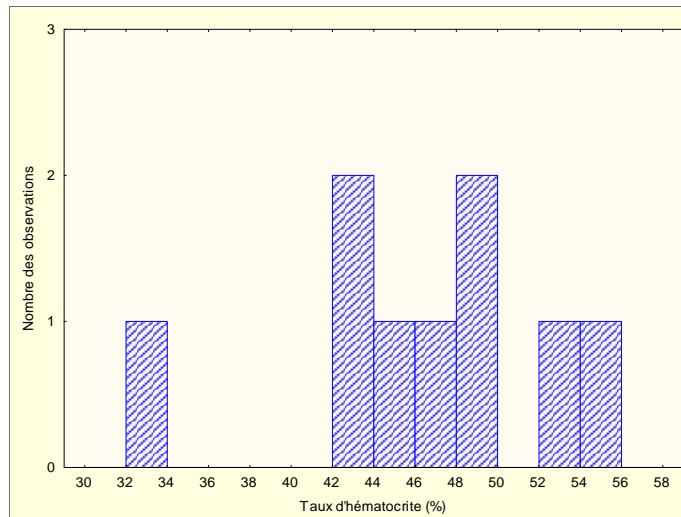


Figure 10 : Fréquences d'observation du taux d'hématocrite (%) dans la subéraie

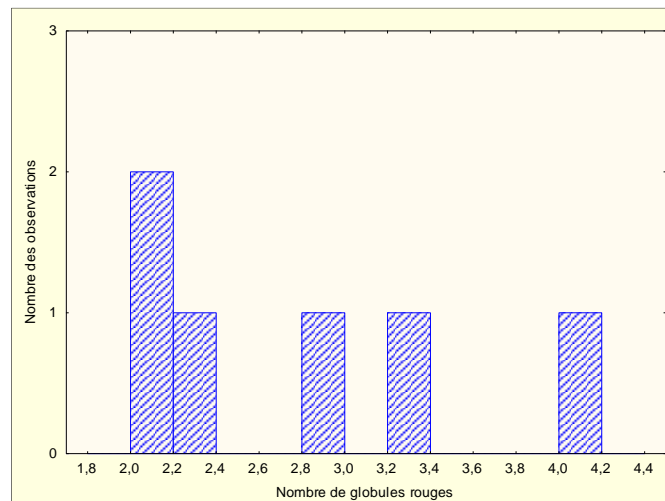


Figure 11 : Fréquences d'observation du nombre de globules rouges dans la subéraie

III.1.1.8. Jeunes et succès à l'envol

Le nombre moyen de jeunes envolés par nichée est de 4.66 oisillons (Tab 2), il est compris entre 3 et 6 jeunes (Fig. 12), il correspond à un succès moyen à l'envol de 84 % (Tab 2).

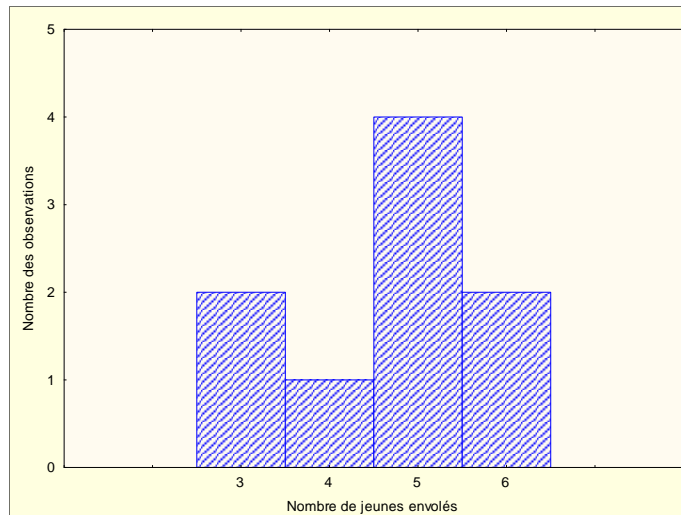


Figure 12 : Fréquences d’observation du nombre de jeunes envolés dans la subéraie

L’analyse statistique montre que le nombre de jeunes envolés présente, une corrélation positive et significative d’une part avec la masse de la couvée ($r = 0.870$, $p < 0.01$) (Fig. 13), et d’autre part avec le nombre d’œufs éclos ($r = 0.759$, $p = 0.01$) (Fig. 14). En revanche, on n’enregistre pas de relation significative entre la date de ponte ($r = - 0.355$, $p > 0.05$) et la masse des oisillons à l’envol ($r = 0.434$, $p > 0.05$).

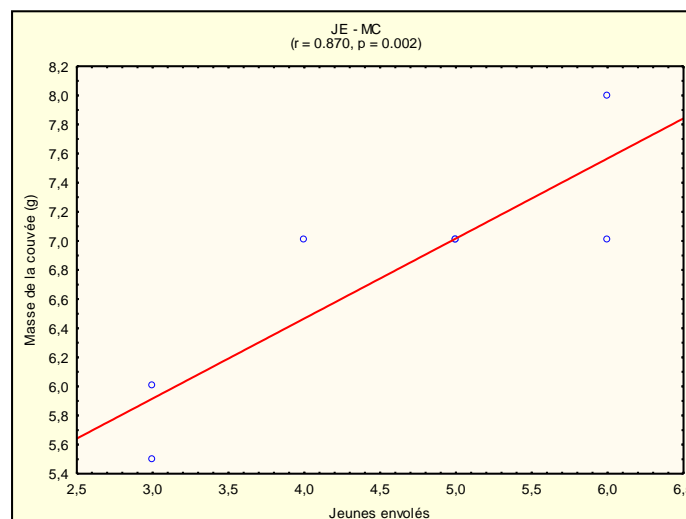


Figure 13 : Relation entre la masse de la couvée et le nombre de jeunes envolés

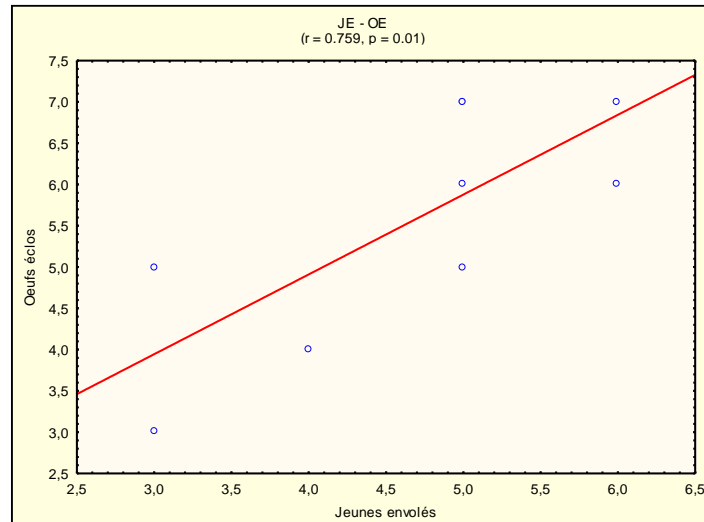


Figure 14 : Relation entre le nombre de jeunes envolés et le nombre d’œufs éclos

Tableau 2 : Paramètres de le reproduction de la Mésange bleue dans la Subéraie
(n = nombre d’observations, m = moyenne, sd = déviation standard).

Paramètres	Moyenne		
	n	m	sd
Date de ponte (DP)	13	35.15	6.07
Grandeur de ponte (GP)	13	06.77	0.92
Masse des couvées (g)	09	06.83	0.70
Œufs éclos	09	05.55	1.42
Masse des poussins à l’envol (g)	09	09.40	1.05
Tarse (mm)	09	15.34	0.77
Aile (mm)	09	39.44	4.89
Hématocrite (%)	09	39.68	4.89
Globules rouges (10⁶/ml)	09	02.80	0.77
Jeunes envolés (JE)	09	04.66	1.11
Succès de la reproduction (SR) %	09	47.72	0.30
Succès à l’envol (SE) %	09	84.00	0.36

N : Nombre d’observation, M : moyenne, Sd : Ecart-type

III.2. Phénologie de la reproduction de la Mésange bleue dans l’habitat caducifolié

III.2.1. Paramètres démographiques

III.2.1.1 Taux d'occupation des niohirs

Sur les 60 niohirs installés, 23 ont disparu, probablement volés, seuls 37 niohirs ont été utilisés. Ainsi, 19 niohirs ont été occupés, soit un taux d'occupation de 51.35%. 16 niohirs ont été occupés par la Mésange bleue (Tab. 3) soit un taux de 43.24 % et 03 par le Gobe mouche soit un taux d'occupation de 8.10 %.

Tableau 3 : Taux d'occupation des niohirs au niveau de l'habitat caducifolié

Niohirs installés	Niohirs disparus	Niohirs occupés par Mésange bleue	Niohirs occupés par Gobe mouche
60	23	16 (43.24%)	03 (8.10%)

III.2.1.2. Date et période de ponte

Les femelles de mésange bleue pondent en moyenne dans la zénaie le 3 avril (Tab. 4). La période de ponte est étalée sur 27 jours, le premier œuf du couple le plus précoce a été pondu le 28 mars et celui du couple le plus tardif le 24 avril. Le maximum de pontes a eu lieu le 28 mars (Fig 15).

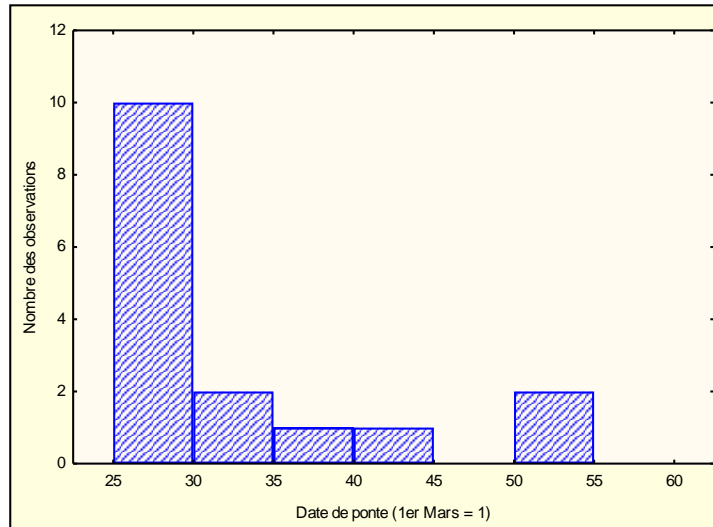


Figure 15 : Fréquences d’observation des dates de pontes dans la zénaie
(1^{er} mars = 1)

III.2.1.3. Grandeur de ponte et masse de la couvée

La grandeur de ponte moyenne est de 6.56 œufs par femelle (tab 7). Elle varie de 5 à 8 œufs selon les nichées. Nous avons dénombré au total, 2 pontes de 8 œufs (12%), 8 pontes de 7 œufs (50%), et 3 pontes respectivement de 5 et 6 œufs (19%) (Fig. 16).

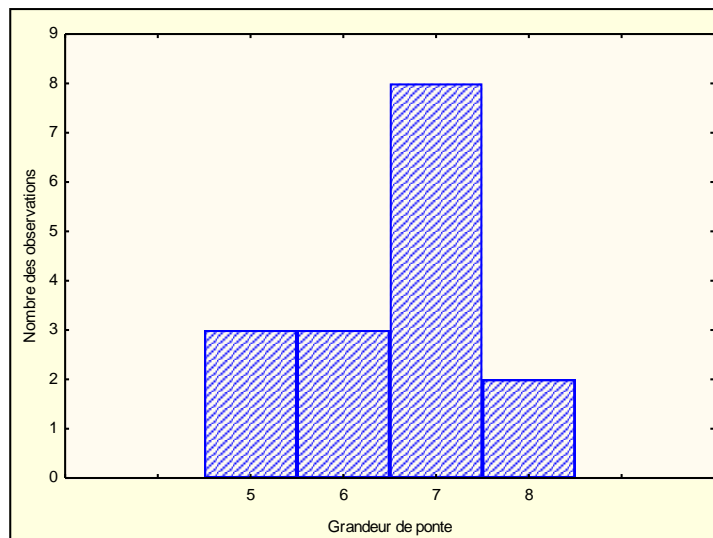


Figure 16 : Fréquences d’observation des grandeurs de pontes dans la zénaie

La grandeur de ponte diminue au cours de la saison, cependant l'analyse statistique ne montre pas de relation significative. En effet, on note une corrélation négative et non significative ($r = -0.256$; $p=0.338$) entre la date et la grandeur de ponte (Fig. 17).

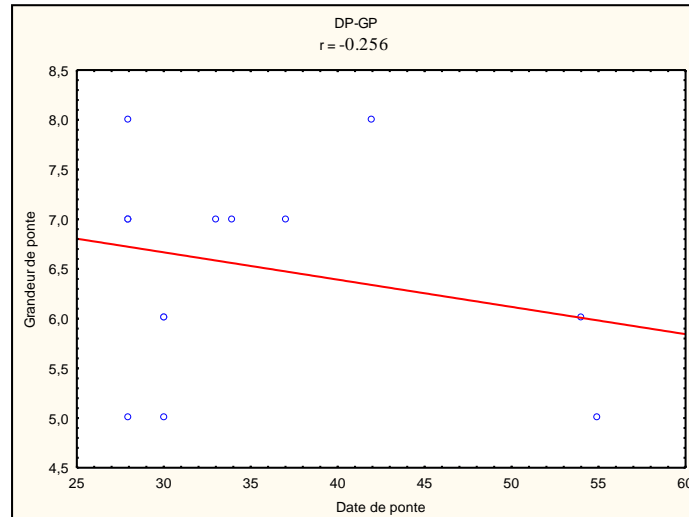


Figure 17: Relation entre la date et la grandeur de ponte

La masse de la couvée varie entre 05 et 10.40 g (Fig. 18) avec une moyenne de 6.80 g (Tab 4). Les nichées de 7 g sont les plus fréquentes. La masse moyenne de l'œuf est de 1.03 g.

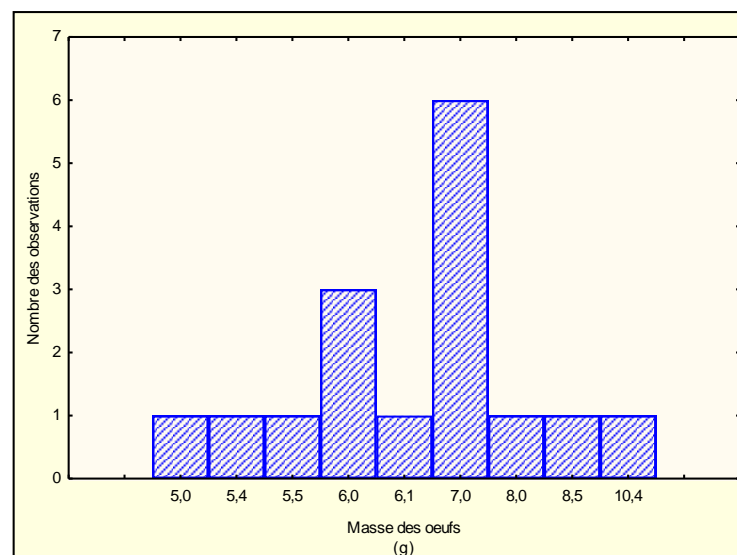


Figure 18 : Fréquences d'observation de la masse des couvées dans la zénaie

L'analyse statistique ne montre pas de relation significative entre la date de ponte et la masse de la couvée ($r = -0.042$; $p=0.878$).

III.2.1.4. Œufs éclos et succès de la reproduction

Le nombre moyen d'œufs éclos est de 5.93 œufs (Tab. 4) ce qui correspond à un succès de la reproduction de 74.28%. Les œufs éclos varient entre 4 et 8 œufs selon les nichées (Fig. 19).

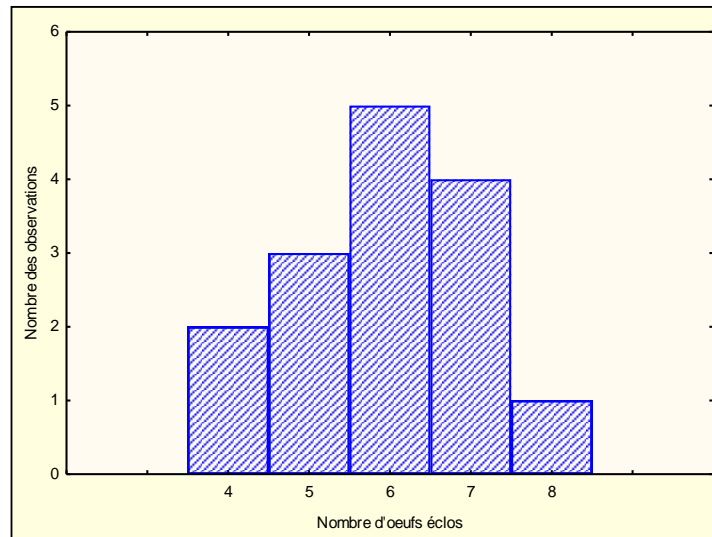


Figure 19 : Fréquences d'observation des œufs éclos dans la zénaie

L'analyse statistique ne montre pas de variation du nombre d'œufs en fonction de la date de ponte ($r = -0.060$; $p=0.831$), par contre, ce nombre augmente significativement avec la taille de la ponte ($r= 0.715$; $p<0.05$) (Fig. 20).

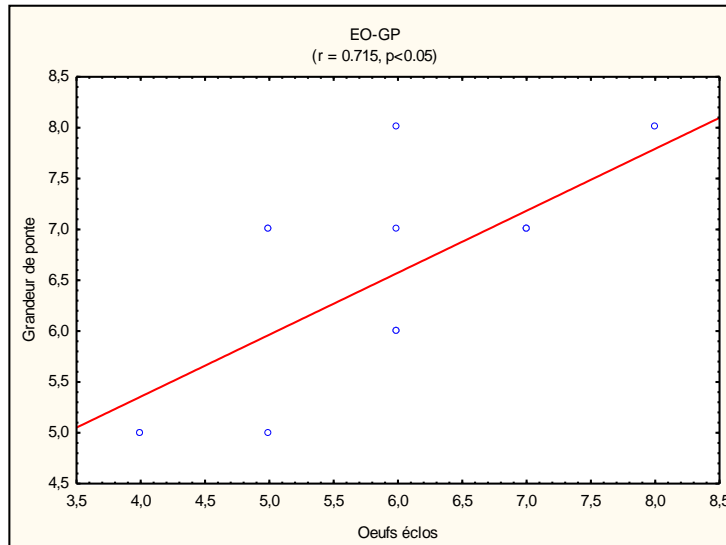


Figure 20 : Relation entre le nombre d’œufs éclos et la taille de ponte

III.2.1.5. Masse des oisillons à l’envol

La masse moyenne des oisillons âgés de 15 jours est de 11.56g (Tab. 4). Elle varie de 8.68 à 13 g, cependant, 88.88% des nichées ont un poids supérieur à 10g alors que seule une nichée présente en moyenne une masse inférieure à 10g (Fig. 21).

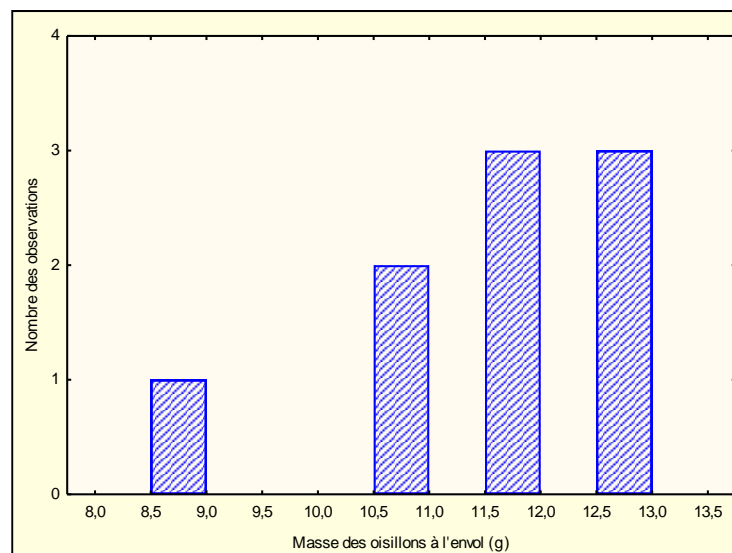


Figure 21: Fréquences d’observation de la masse des oisillons à l’envol dans la zénaie

L’analyse statistique ne montre pas de relation significative avec la date ($r = -0.619$; $p=0.075$) et la grandeur de ponte ($r = -0.052$; $p=0.895$), ni avec la masse des oisillons à j10 ($r=0.468$, $p=0.349$).

III.2.1.6. Paramètres morpho métriques

Les mesures du tarse et de l'aile ont été réalisées pour chaque poussin âgé de 15 jours. La longueur moyenne du tarse est de 15.01 mm (Tab. 4), elle est comprise entre 12.50 et 17.93 mm. Les longueurs les plus fréquentes sont situées autour de 16.5 mm (Fig. 22).

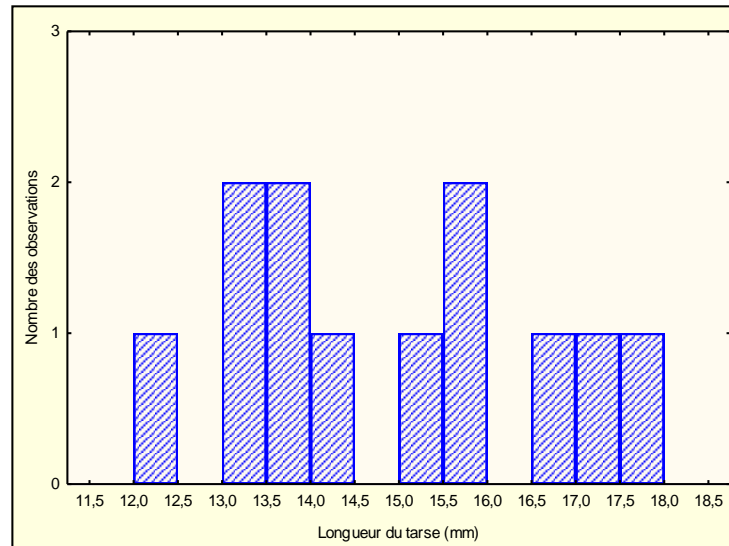


Figure 22 : Fréquences d'observation de la longueur du tarse (mm) dans la zénaie

En ce qui concerne l'aile, la longueur moyenne est de 57.39 mm (Tab. 4), elle est comprise entre 46.62 et 67.88 mm (Fig. 23) et on note que 27.65 % des poussins ont une aile de 65mm de long.

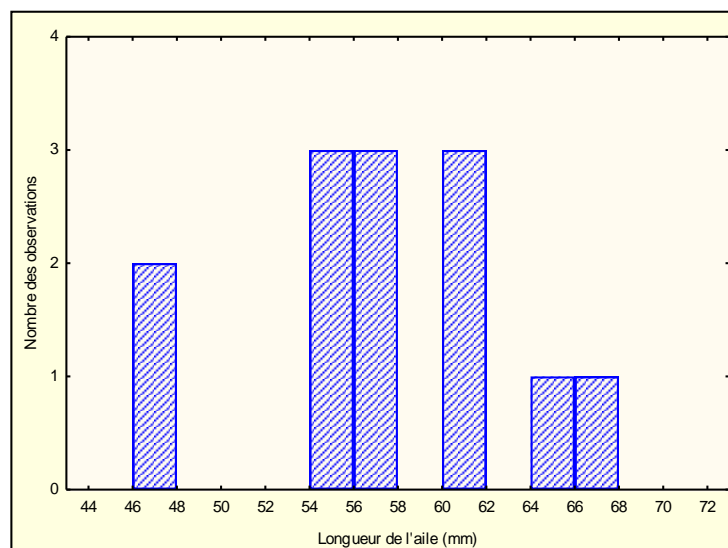


Figure 23 : Fréquences d'observation de la longueur de l'aile (mm) dans la zénaie

L'analyse statistique ne montre pas de différences significatives entre la date de ponte et les longueurs du tarse ($r = -0.598$, $p=0.040$) et de l'aile ($r = -0.419$, $p=0.154$). Aussi, il n'existe pas de relation significative entre la longueur de l'aile et la celle du tarse ($r = -0.336$; $p=0.285$) (Fig. 23).

III.2.1.7. Paramètres hématologiques

Le pourcentage moyen d'hématocrite est de 45.26% (Tab. 4), il est compris entre 37.28% et 50.61% (Fig. 24), il est relativement élevé. Le nombre de globules rouges moyen est de 6.47 $10^6/ml$ (Tab. 4), il est compris entre 3.29 $10^6/ml$ et 8.94 $10^6/ml$ globules (Fig. 25).

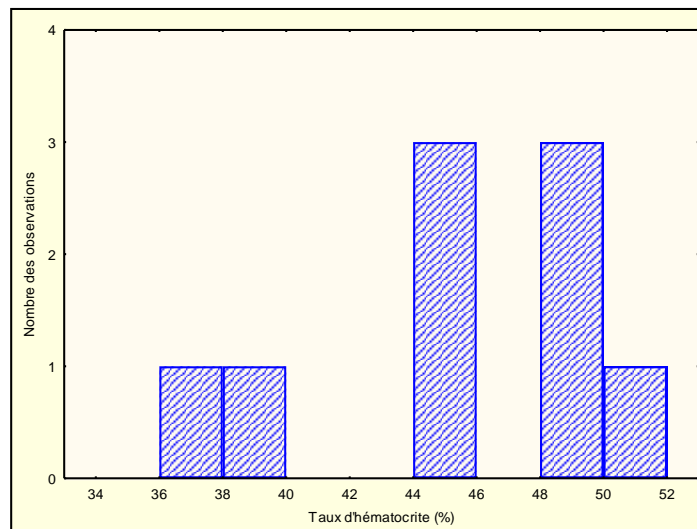


Figure 24 : Fréquences d'observation du taux d'hématocrite (%) dans la zénaie

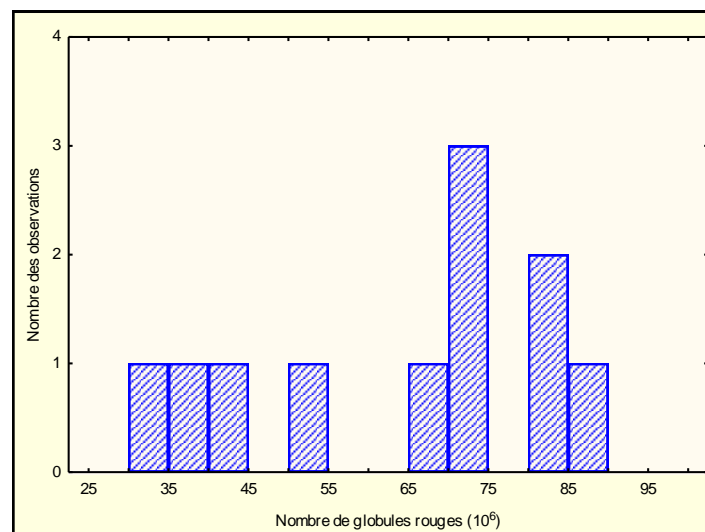


Figure 25 : Fréquences d'observation du nombre de globules rouges (10⁶/ml) dans la zénaie

Il n'existe pas de relation significative entre le taux d'hématocrite et le nombre de globules rouges ($r = -0.300$, $p = 0.399$).

III.2.1.8. Jeunes et succès à l'envol

Le nombre moyen de jeunes envolés par nichée est de 6 oisillons (Tab 4), il varie de 4 à 8 oisillons (Fig. 26). Il correspond ainsi à un succès moyen à l'envol de 87.64% (Tab 7).

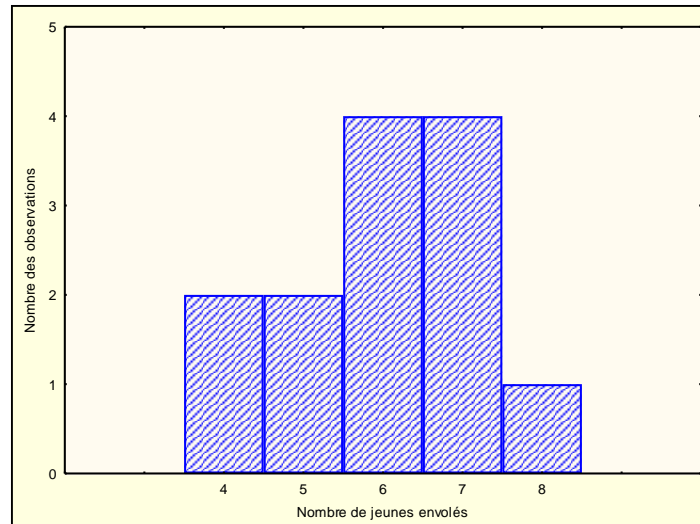


Figure 26 : Fréquences d'observation du nombre de jeunes envolés dans la zénaie

L'analyse statistique montre que le nombre de jeunes envolés présente, une corrélation positive et significative d'une part avec la taille de ponte ($r = 0.842$; $p < 0.001$) (Fig. 27), et d'autre part avec le nombre d'œufs éclos ($r = 0.944$; $p < 0.001$) (Fig. 28). En revanche, on n'enregistre pas de relation significative entre la date de ponte et le nombre de jeunes à l'envol ($r = -0.146$; $p = 0.635$)

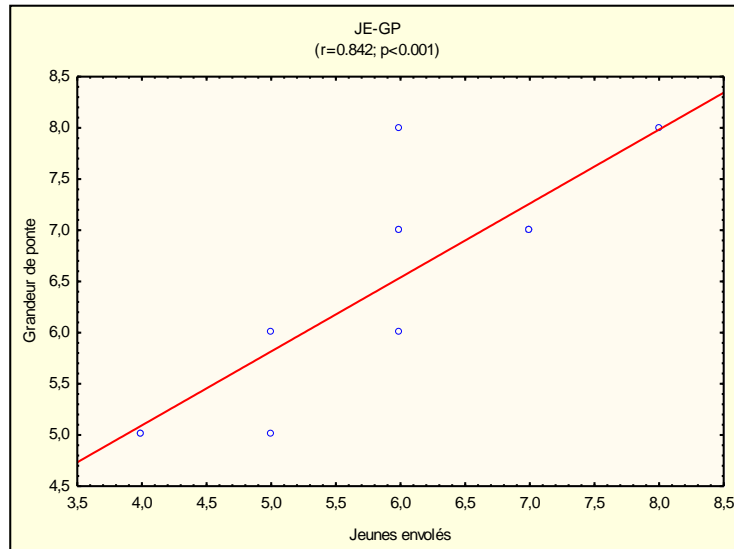


Figure 27 : Relation entre la taille de ponte et le nombre de jeunes envolés

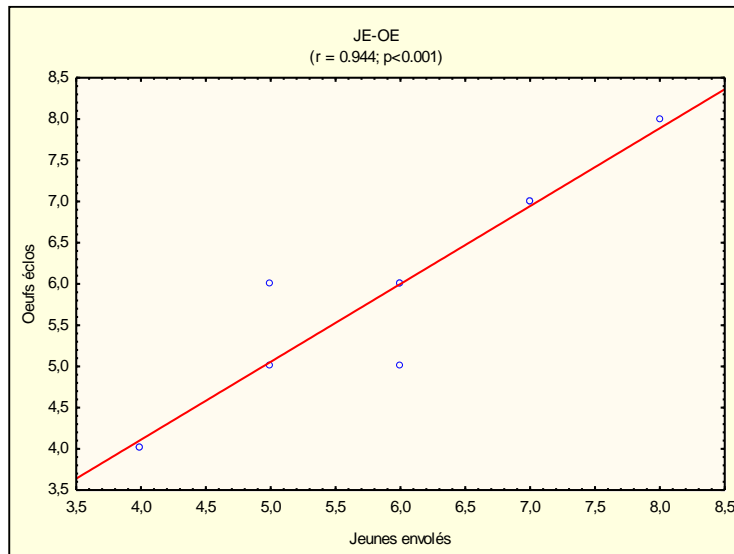


Figure 28 : Relation entre le nombre de jeunes envolés et le nombre d'œufs éclos

Tableau 4 : Paramètres de la reproduction de la Mésange bleue dans la zénaie

Paramètres	Moyenne		
	N	M	Sd
Date de ponte (DP)	16	33.81	9.00
Grandeur de ponte (GP)	16	6.56	0.96
Masse de la couvée	16	6.80	1.33
Nombre d'œufs éclos	15	5.93	1.16
Masse des poussins à j15	13	11.57	1.33
Tarse (mm)	13	14.87	1.82
Aile (mm)	13	57.20	6.11
Hématocrite (%)	13	45.26	4.86
Globules rouges (10⁶/ml)	13	6.47	1.98
Jeunes envolés (JE)	13	6.00	1.22
Succès de la reproduction (SR) %	15	74.64	1.06
Succès à l'envol (SE) %	13	87.64	1.16

N : Nombre d'observation, M : moyenne, Sd : Ecart-type

III.3. Comparaison entre les deux habitats : sempervirent et caducifolié

La comparaison concernera uniquement les paramètres ayant un impact direct sur le succès de la reproduction, à savoir : la masse des oisillons à l'envol, les paramètres hématologiques et le nombre de jeunes à l'envol.

La comparaison de la masse des oisillons à J15, montre qu'ils sont significativement plus lourds dans la zénaie ($T=-3.64$, $p<0.01$). Le taux d'hématocrite ne varie pas entre les deux sites ($T=-0.72$, $p=0.482$). Le nombre de globules rouges est significativement plus élevé dans la zénaie ($T=-5.42$, $p<0.001$). Enfin, le nombre de jeunes envolés est également plus élevé dans la zénaie ($T=-2.64$, $p<0.05$) (Tab. 5).

Tableau 5 : Comparaison des quelques paramètres de la reproduction de la Mésange bleue entre le chêne liège et le chêne zeen

Paramètres	T de Student
Masse des oisillons à l'envol (g)	T=-3.64 **
Taux d'hématocrite (mm)	T=-0.72
Nombre de globules rouges (T=-5.42***
Nombre de jeunes à l'envol	T=-2.64*

*, ** et *** indiquent respectivement $P=0.05$, $p<0.01$ et $P< 0.001$

III.4. Inventaire des parasites

L'examen attentif des différents nids a permis d'identifier des Acariens et les Insectes (Tab.6)

Tableau 6 : Différents types d'ectoparasites de nids de Mésange bleue

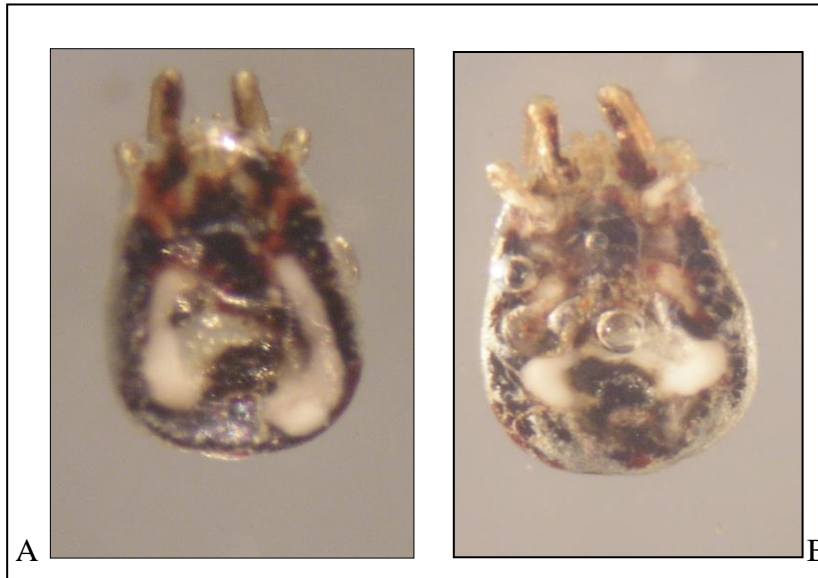
	Parasites	Famille	Genre et espèce
ACARIENS	Mite	Gamasidés	<i>Dermanyssus sp</i>
	Tique	Ixodidae	<i>Ixodes sp</i>
INSECTES	Diptères	Callyphoridae	<i>Protocallyphora sp</i>

III.4.1. Les Acariens

L'identification des ectoparasites a été réalisée par Bouzlama Z. (Université Badji Mokhtar Annaba). Trois espèces ont été identifiées. Deux acariens : *Dermanyssus gallinae* et *Ixodes sp* et un insecte : *Protocallyphora sp*

- *Dermanyssus gallinae* :

Ils appartiennent à la famille des Gamasidés et sont communément appelés les mites (photo 5). Ce sont des individus de très petite taille, parasites à tous les stades de développement. Leur abdomen n'est pas segmenté et ils possèdent 4 paires de pattes courtes. Ils sont dotés de chélicères styliformes adaptés à la succion. Ils sont blancs à jeun et rouges après les repas.

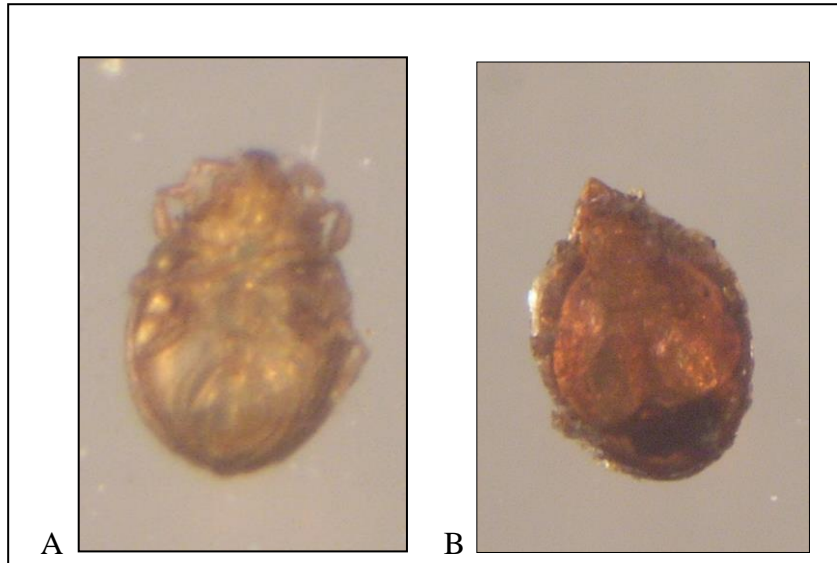


Photos Boulahbal A.

Photo 5 : *Dermanyssus gallinae*
(A : vue ventrale, B : vue dorsale)

- *Ixodes sp* :

Ils appartiennent à la famille des Ixodidae, et sont communément appelés tiques (photo 6). Leur corps est globuleux, aplati, de taille relativement grande et de coloration terne variant du gris jaunâtre au roux plus moins foncé. Leur céphalothorax est non distinct de l'abdomen, un bouclier dorsal couvre tout le corps du mâle et la partie antérieure du corps de la femelle qui est plus grande. C'est la femelle adulte que l'on trouve fixée à la peau des oisillons, elle se gorge de sang et prend une forme globuleuse, ce sont des ectoparasites temporaires et obligatoires, leur cycle comporte une phase parasitaire sur leur hôte (phase alimentaire) et une phase libre au sol.



Photos Boulahbal A.

Photo 6 : *Ixodes sp*

(A : vue dorsale, B : vue ventrale)

- *Protocalliphora sp* : Ce sont des diptères qui sont parasites uniquement aux stades larvaires. La femelle adulte est une mouche libre nectarivore qui pond dans les nids immédiatement après l'éclosion des œufs de l'hôte. Les œufs finissent leur embryogénèse au bout de 24 à 48 heures et les larves hématophages passent par trois stades de développement et vivent exclusivement aux dépens des poussins. La taille de la larve mature varie de 7 à 17mm. Elles se nymphosent dans le nid après 10-20 jours de vie larvaire. Les pupes sont brunâtres, mesurent environ 10 mm et émergent après 10 à 11 jours si elles ne sont pas elles même parasitées.

III.4.2. Quantification des parasites

Les nids de Mésange bleue sont infestés essentiellement par les mites et les tiques et ce dans les deux sites. Les puces sont moins abondantes et ne se rencontrent que dans la zénaie.

Les mites présentent un effectif de 1249 individus dans la Subéraie et de 678 individus dans la zénaie (Fig. 29). L'analyse statistique présente une différence significative entre les deux sites ($T=2.48$, $p<0.05$).

Les tiques présentent un effectif de 611 individus dans la Subéraie et de 231 individus dans la zénaie (Fig. 29). L'analyse statistique présente une différence significative entre les deux sites ($T=4.80$, $p<0.05$).

Les Diptères sont présent dans la zénaie avec 71 individus.

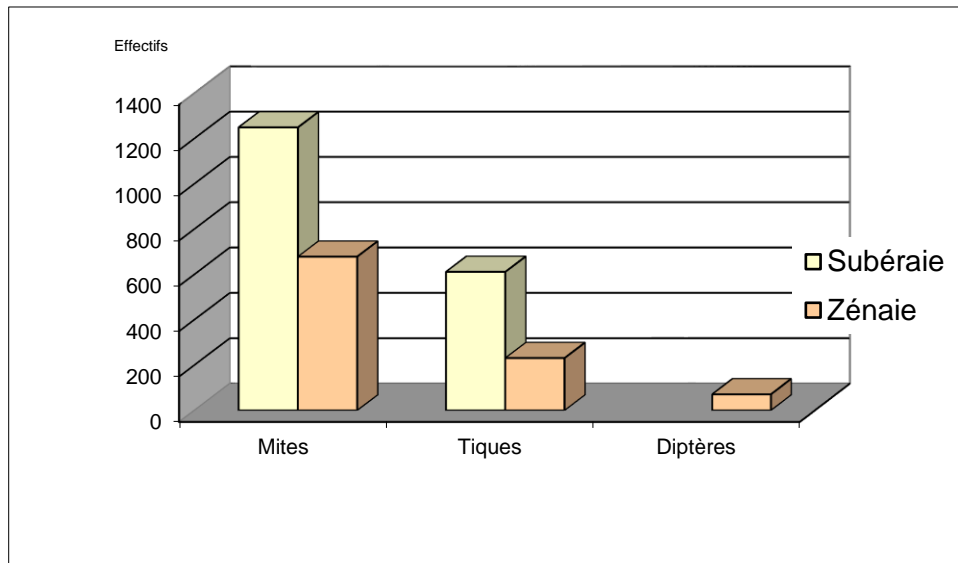


Figure 29 : Effectif des ectoparasites dans les nids de mésange bleue dans la subéraie et la zénaie

Dans les deux sites d'étude, l'ensemble des nids examinés (08) sont infestés par les mites et les tiques, alors que seuls 05 nids sont infestés par les puces dans la zénaie (Tab.7). De ce fait, les résultats obtenus sur l'abondance et l'intensité des mites ainsi que celles des tiques sont identiques. En effet, dans les deux sites, l'intensité des mites est la plus élevée, comparativement à celle des autres groupes de parasites (Tab. 7). Dans la zénaie, l'intensité des diptères est de 14.2 individus alors que leur abondance est de 8.87 individus (Tab. 7).

Tableau 7 : Indices parasitaires des nids de Mésange bleue dans la subéraie (CL) et la zénaie (CZ)

parasites	Nids infestés		Prévalence (P)		Abondance (A)		Intensité (I)	
	CL	CZ	CL	CZ	CL	CZ	CL	CZ
Mites	8	8	100%	100%	156.12	84.75	156.12	84.75
Tiques	8	8	100%	100%	76.37	28.87	76.37	28.87
Diptères	0	5	0	62.5%	0	8.87	0	14.2

III.4.3. Effets des parasites sur les paramètres morphologiques

L'analyse des relations entre la charge parasitaire et les principaux paramètres morphologiques et hématologiques des poussins âgés de 15 jours (Tab. 8) montre en effet que les Tiques ont un effet sur la longueur du tarse des oisillons dans la subéraie ($r=0.36$, $p=0.42$) et sur la masse des oisillons dans la zénaie ($r=-0.88$, $p=0.04$).

Tableau 8 : Corrélation entre la charge parasitaire et les différents paramètres morphologiques des oisillons

		Masse	Tarse	Aile	Hémato.	Globules rouges
Zénaie	Mites	r = - 0.43 NS	r = 0,28 NS	r = 0,22 NS	r = 0,15 NS	r = 0,39 NS
	Tiques	r = -0.80 p<0.05	r = -0.42 NS	r = -0,56 NS	r = 0,18 NS	r = 0,35 NS
	Diptères	r = 0,37 NS	r = 0,28 NS	r = 0,28 NS	r = 0,29 NS	r = 0,21 NS
Subéraie	Mites	r = 0,15 NS	r = 0,16 NS	r = 0,19 NS	r = 0,61 NS	r = 0,77 NS
	Tiques	r = 0,36 NS	r = -0,80 P<0.05	r = 0,26 NS	r = 0,38 NS	r = 0,40 NS

III.5 Etude de la prédation

III.5.1. Prédation des nids

Dans la subéraie, sur les 13 nichoirs occupés, 4 nichées ont été prédatées soit un taux de 30.76%. Dans la zénaie, sur les 16 nichoirs occupés, 3 nichées ont été prédatés soit un taux de 18.75 % (Fig. 30).

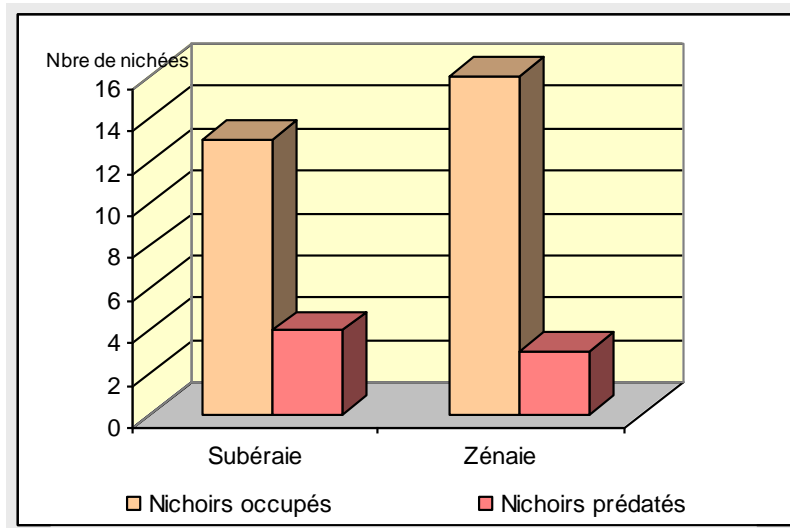


Figure 30 : Nombre de nids prédatés dans la subéraie et la zénaie

III.5.2. Prédation au stade œuf

Le taux de prédation au stade œuf est de 30.68 % dans la subéraie et de 6.66 % dans la zénaie (Fig. 31). Sur les 88 œufs pondus par la Mésange bleue dans le premier site, 27 ont été prédatés soit 4 nichées, et sur les 105 œufs pondus dans le second site, 07 ont été prédatés, soit 01 nichée. Les différents prédateurs à ce stade peuvent être des genettes, des lézards ou encore des rongeurs.

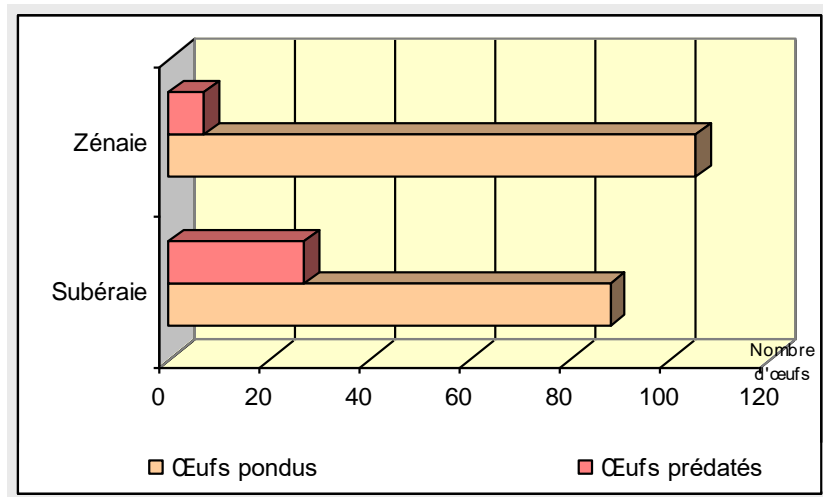


Figure 31 : Prédation au stade œufs dans la subéraie et la zénaie

II.2. Prédation au stade pulli

La prédation au stade pulli a été enregistrée seulement au niveau de la zénaie où deux nichées sur trois ont été prédatées, soit un taux de 33.33 %. Ainsi, sur les 89 œufs éclos, 11 oisillons ont été prédatés, ce qui correspond à un taux de 12.35 % (Fig. 32).

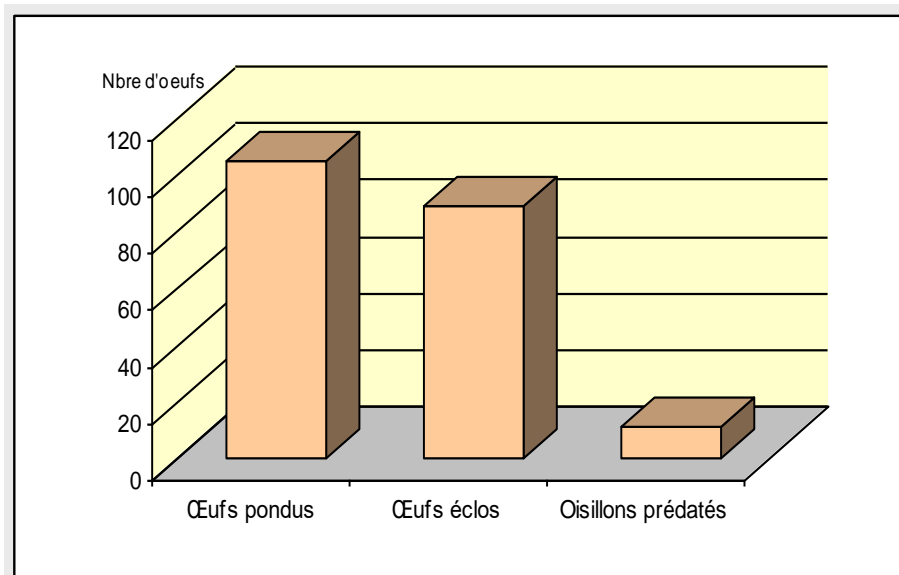


Figure 32 : Prédation au stade pulli dans la zénaie

IV. DISCUSSION

Les résultats de notre étude sur la Mésange bleue nichant dans la chênaie caducifoliée de Djebel El-Ghorra située à 900m d'altitude, ont révélé un taux d'occupation des nichoirs de 43% %, ce qui se rapproche des résultats obtenus par Chabi (1998) dans le même site. A l'opposé ce taux est plus faible dans le Chêne liège 26%, à basse altitude. Ce résultat n'est pas surprenant puisque les densités de la Mésange bleue dans le Chêne zeen sont assez importantes : 7 couples / 10ha, contre 5.08 couples /10ha dans le Chêne liège (Benyacoub et Chabi 2002). De plus la nature du bois du Chêne zeen ne permet pas une grande disponibilité des cavités naturelles ce qui se traduit par une forte occupation des nichoirs.

Les populations de Mésange bleue qui nichent dans le bassin méditerranéen ont montré une grande variabilité dans la date et la période de ponte comparativement aux autres qui nichent dans le reste de l'aire de répartition de l'espèce (Isenmann et *al.* 1990, Gil Delgado et *al.* 1992 et Blondel et *al.* 1993). En Algérie, les dates de ponte sont retardées, le 7 avril à 30 m d'altitude, le 14 avril à 500 m et, le 2 mai à 1000 m (Chabi 1998). La date de ponte est donc retardée lorsque l'altitude augmente. Généralement, la température de l'air diminue avec l'augmentation de l'altitude et cette diminution provoque un retard dans l'apparition du maximum de disponibilité alimentaire ce qui se traduit par une ponte tardive. Toutefois, ce n'est toujours pas le cas, puisque, les résultats obtenus montrent que durant 2001, la date de ponte des mésanges est avancée dans le chêne zeen (3avril) malgré l'élévation de l'altitude. Ce résultat surprenant est dû à l'augmentation de la température durant le mois de mars. En effet, les données météorologiques ont montré une élévation de la température durant le mois qui précède la ponte entraînant ainsi un débourrement précoce du chêne zeen et donc un déclenchement hâtif de la ponte. Dans le chêne liège, nous nous n'avons pas observé de variations particulières. Contrairement au zeen, le débourrement du chêne liège est moins sensible à la variation annuelle de la température.

Si la date de ponte est en relation avec l'apparition des ressources trophiques, la grandeur de ponte reflète leur abondance. Les populations de Mésange bleue qui nichent dans les formations sempervirentes ont en général de petites grandeurs de pontes. Celles-ci varient de 6 à 8 œufs que ce soit en Corse (Isenmann, et *al.* 1990, Lambrechts et *al.* 1997a), en Algérie (Chabi & Isenmann 1995) ou en Europe continentale (Cramm 1982). Nos résultats montrent que la grandeur moyenne de ponte est de 7 œufs, elle est proche de celle trouvée par (Chabi 1998) dans les mêmes sites mais inférieure à celle observée dans les chênaies caducifoliées

d'Europe dont les grandeurs moyennes de ponte atteignent 10 à 12 œufs et même 14 œufs (Isenmann 1987). Ce fléchissement de la fécondité peut être interprété comme l'acquisition d'une adaptation à survivre dans des milieux différents. Une telle situation implique que l'énergie économisée par la réduction du nombre de jeunes produits, soit réinvestie dans d'autres activités, notamment dans l'aptitude à une meilleure survie des adultes (Blondel et *al.*, 1993).

Ces faibles grandeurs de ponte sont néanmoins compensées par un succès à l'envol supérieur à 80% dans les deux sites. Dans la zénaie, les mésanges ne sont pas affectées par le décalage observé de date de ponte, puisqu'elles ont une taille de ponte habituelle (7œufs). Ce résultat stipule donc, que l'ajustement de la grandeur de ponte au nombre de jeunes que les parents peuvent élever avec succès par rapport à la disponibilité alimentaire printanière apparaît comme bon. Néanmoins, Chabi (1998) rapporte que 12 % des femelles réalisent des grandeurs de ponte de 10 à 12 œufs et enregistre un succès à l'envol de 90%. Nos résultats indiquent donc, que les mésanges face aux contraintes environnementales s'adaptent aux conditions locales. Ainsi, pour survivre, elles ont choisi de limiter leur taille de ponte à 7 œufs (nous n'avons pas observé de taille de ponte supérieur à 8 œufs), garantissant ainsi un bon succès à l'envol. De plus les oisillons de la zénaie sont en bonne santé puisque leur masse à l'envol et leur nombre de globules rouges sont importants que dans le subéraie.

Les résultats obtenus sur les parasites montrent que les nids de la Mésange bleue nichant à haute altitude sont moins infestés que ceux de la population nichant à basse altitude (Bousslama et *al.* 2002), ceci pourrait être expliqué par la température plus élevée à basse altitude. En effet, selon Moller & *al.* (1997), l'augmentation de la température au cours de la saison favorise l'abondance des ectoparasites. C'est donc un ensemble d'ectoparasites qui infeste les nids de la Mésange bleue, avec un nombre plus élevé de mites par rapport aux autres parasites. Par ailleurs nous avons trouvé des larves et des adultes de diptères dans la Zénaie, qui sont absents dans la Subéraie, contrairement aux résultats de Bousslama et *al.*, 2002 dans le même site. En Corse également, les larves de diptères sont abondantes et présentent un impact néfaste sur la masse et le taux d'hématocrite des oisillons (Banbura et *al.*, 2004, Charmantier et *al.*, 2004, Simon et *al.*, 2004, 2005). L'intensité des mites est la plus élevée, comparativement à celle des autres groupes de parasites. Cette plus forte abondance pourrait s'expliquer par le cycle de vie relativement court (de 5 à 7 jours) de ces parasites permanents. Selon Richner et Heeb (1995), ce cycle de vie court mène à une prolifération

rapide de la population jusqu'à ce que la croissance soit ralentie par la limitation en ressources (effet densité-dépendant). En ce qui concerne l'effet de ces parasites sur les paramètres morphologiques des poussins, il n'est pas visible, à l'exception de l'effet des tiques sur la longueur du tarse dans la subéraie et sur la masse des oisillons dans la zénaie. Ce résultat néanmoins, indique que les parasites peuvent avoir effet néfaste sur les oisillons même si les paramètres hématologiques n'ont pas été affectés. En Corse également, les larves de diptères sont abondantes et présentent un impact direct sur les poussins (Simon, 2003). Nous pensons cependant qu'il serait plus judicieux d'augmenter le nombre d'échantillonnage pour mieux comprendre les différentes interactions.

Les résultats obtenus sur la prédation montrent un taux assez faible, il est cependant plus important dans la subéraie que dans la zénaie. En effet, 31% des nids ont été prédatés dans le premier habitat et 19% dans le second. Dans la Subéraie, les nids sont prédatés exclusivement au stade œufs. Ces derniers sont surtout la proie des micromammifères, des rongeurs et de certains Lézard, des *Lacerta pater* ont été trouvés dans les nichoirs. Lambrechts *et al.*, (2007) rapporte qu'en Corse les nichoirs peuvent être exploités par *Rattus rattus*, *Apodemus sylvaticus* et *Glis glis*, ces rongeurs sont des prédateurs probables de la Mésange bleue. Dans la Zénaie, la prédation par le Geai des chênes est atypique dans la région puisque ce grand passereau ne fréquente que les forêts d'altitude donc inexistant au niveau des plaines, il ne s'attaque qu'aux jeunes, et ne prédate pas les œufs. Un seul couple a été dénombré dans la zone d'étude. De nombreux auteurs rapportent que la prédation chez les passereaux en général et les Mésanges en particulier, est plus élevée lorsque les jeunes au nid sont âgés de 10 jours et plus, c'est-à-dire lorsque le plumage est complet (Götmark et Olsson 1997, Perrins and Geer 1980, Geer 1981, 1982, Newton 1986 et Naef-Daenzer *et al.*, 2001). Nos résultats indiquent cependant, que dans la zénaie, les oisillons sont attaqués par le Geai à n'importe quel âge, des oisillons de 2 jours ont été trouvés massacrés. En effet, si le prédateur n'arrive pas à capturer sa proie à travers le trou d'envol parce que celle-ci est trop petite, il l'a tue à coups de bec. En Suède, Götmark (2001), montre que la prédation par l'Epervier d'Europe est un facteur de mortalité important chez les jeunes de Mésange. Ainsi, 18 à 34%, de ces jeunes sont attaqués par ce rapace. La prédation est plus importante en fin de saison même si la relation n'est pas significative. En effet, à cette période de la saison la collecte de la nourriture est l'activité primordiale chez les oiseaux, les geais trouvent ainsi, dans les nichoirs des proies faciles à capturer et évitent donc de dépenser trop d'énergie pour nourrir leurs petits. Selon, Perrins 1965, Nager et Noordwijk 1995, le taux de prédation est plus élevé dans les nichées

tardives. En Suisse, 221 oisillons ont été suivi après l'envol grâce à des émetteurs, les résultats obtenus, indiquent que les taux de mortalité étaient plus élevés chez ceux issus de nichées tardives que ceux issus de nichées précoces (Naef-Daenzer et *al.*, 2001).

**CHAPITRE 2 : IMPACT DE L'HABITAT SUR LES PERFORMANCES
REPRODUCTIVES ET LE RÉGIME ALIMENTAIRE DE LA MÉSANGE BLEUE
*CYANISTES CAERULEUS ULTRAMARINUS***

I. INTRODUCTUION

Les ressources trophiques disponibles pour les organismes présentent des variations spatio-temporelles considérables influençant le fonctionnement des populations et l'expression des traits d'histoire de vie des individus (Lack 1968, Martin, 1987). Chez les oiseaux nidicoles, l'effort fourni par les parents pour alimenter leurs poussins est très important puisqu'il détermine la survie et la croissance de leurs progénitures (Van Balen, 1973, Van Noordwijk 1994, Verboven et Visser 1998, Tremblay et *al.* 2005). La nourriture intervient non seulement dans la reproduction et la croissance mais également dans l'entretien et la défense contre les prédateurs ou les parasites des adultes et ou des poussins (Loye & Zuk 1991, Simon et al. 2004). En effet, les poussins sont totalement dépendants et vulnérables durant leur développement post-natal et les parents doivent assurer leur alimentation au nid durant cette période critique. La qualité et la quantité de jeunes produits dépendent donc directement de la capacité des parents à apporter suffisamment de nourriture au nid mais également de la disponibilité de celle-ci dans le milieu durant la période d'élevage des jeunes (Van Balen 1973, Dias & Blondel 1996, Blondel et al. 2006).

De tous les passereaux nidicoles, les Mésanges bleues *Cyanistes caeruleus ultramarinus* produisent les plus importantes tailles de ponte (Perrins & McCleery 1989). Le poids de la nichée, 14 jours après éclosion des oeufs peut atteindre 3 à 16 fois le poids des adultes selon les différents habitats et populations. La synchronisation entre la période de reproduction et le moment de l'abondance maximale de chenilles dans le milieu est fondamentale pour le succès de reproduction des Mésanges (Zandt et *al.* 1990, Dias & Blondel 1996, Banbura et *al.* 1999, Grieco 1999, Blondel et al. 2006, Lambrechts et al. 2004). Ainsi, il a été démontré (Dias & Blondel 1996, Blondel et al. 2006) que les parents qui élevaient leurs petits avant ou après ce pic d'abondance des chenilles ont un succès de reproduction faible et compromettaient ainsi la survie de leur progéniture.

Plusieurs études ont lié la variation spatiale des performances reproductives des Mésanges bleues à l'hétérogénéité de l'habitat, cependant, elles ont principalement concerné les populations européennes continentales nichant dans des forêts à feuillage caduque ou en mélange avec des feuillues (Blondel 1985, Clamens et al. 1986, Blondel et al. 1987, 1993, Fargallo & Johnston 1997, Massa et al. 2004, Arriero et al. 2006, Garcia Del Rey et al. 2006). Les études comparatives de la biologie de reproduction des populations nichant dans des habitats méditerranéens distincts ont montré un faible succès de la reproduction dans les habitats sempervirents d'Europe. Ce résultat est souvent attribué à la diminution de la disponibilité des chenilles et/ou à l'importance de la charge parasitaire des nids de ces populations situées au sud de leur aire de répartition (Blondel et al. 1991, Chabi et al. 1995, Hurtrez-Bousses et al. 1997, Tremblay et al. 2003, 2005, Banbura et al. 2004, Charmantier et al. 2004, Massa et al. 2004, Arriero et al. 2006, Garcia Del Rey et al. 2006). Par ailleurs, des études contrôlant l'effet de l'altitude et de la latitude ont rapporté des dates de reproduction plus tardives dans les forêts à feuillage persistant que dans celles à feuillage caduque (Lambrechts et al. 1997a, Blondel et al. 1999, 2006).

En Algérie, les paramètres de la reproduction des Mésanges bleues sont fortement influencés par le type d'habitat et l'altitude (Chabi et al. 1995, Chabi & Isenmann 1997, Chabi et al. 2000). Néanmoins, aucune étude quantitative de la nourriture disponible aux jeunes ni de son influence sur les performances reproductives des Mésanges n'a été rapportée à ce jour dans cette région. L'objectif de cette étude est de présenter les premiers résultats de l'influence de l'alimentation sur le succès de la reproduction de la Mésange bleue dans deux habitats forestiers différents. Le premier correspond à une forêt de Chêne liège *Quercus suber* située à basse altitude et le second à une forêt de chêne zeen *Quercus faginea mirbeki* située à haute altitude.

Sur la base des résultats antérieurs obtenus (Chabi et al. 1995), dans les mêmes milieux, nous avons voulu répondre à un certain nombre de questions :

- Est-ce que les parents nourrissent leurs petits durant la période du pic d'abondance des chenilles au niveau des deux types d'habitats ?
- La disponibilité alimentaire est-elle plus importante dans l'habitat caducifolié ?
- La diversité des proies est-elle plus importante dans l'habitat sempervirent ?
- Le succès de la reproduction est-il plus important dans l'habitat caducifolié ?

II. METHODES D'ECHANTILLONNAGE

II.1. Paramètres démographiques

160 nichoirs ont été installés dans chacun des deux sites durant deux années d'étude, 2002-2003. 100 nichoirs dans la zénaie et 60 nichoirs dans la subéraie. Ils ont été placés dès la fin février dans la subéraie et à la mi-mars dans la zénaie. Ils ont été visités une fois par semaine dès l'installation jusqu'à la mi-juin. Dès la construction des nids, nous avons noté et calculé les paramètres de reproduction décrits dans le premier chapitre.

II.2. Traitement anti-parasites des nids

Afin de réduire l'effet de la variation spatiale des parasites sur les poussins de Mésange, les nids ont été remplacé dans les deux sites par d'autres stériles tout les deux jours et ce, depuis l'éclosion des œufs jusqu'à l'envol des oisillons. Le traitement utilisé est celui rapporté par Richner et *al.*, 1993, Hurtrez-Boussès et *al.* 1997a, et Bouslama et *al.*, 2001, la stérilisation consiste à passer le nid dans un four micro-onde à 830 W pendant 3 minutes

II.3. Quantification de la biomasse des chenilles

Pour le suivi de la phénologie des chenilles, des copromètres formés d'une toile en tissu (carré 50 cm x 50 cm) ont été installés dans les sites d'étude à raison de 10 copros /site/an. Ils ont été accrochés aux arbres à 1m du sol. Le principe consiste à ramasser tout ce qui se trouve sur la toile, le tamiser plusieurs fois (tamis de 0.1 mm, 0.2 mm, 0.3 mm de diamètre) et le laisser sécher. Le ramassage s'effectue à raison d'une fois par semaine. Une fois le contenu des copromètres est sec, les crottes de chenilles sont triées, pesées et conservées dans des tubes eppendorf numérotés (année, site, date).

II.4. Régime alimentaire et fréquences de nourrissage

Pour l'étude du régime alimentaire, nous avons utilisé la technique des colliers, qui consiste à placer un fil métallique souple, fin et gainé autour du cou des oisillons (âgés de 5 jours et plus) pour retenir les proies sans bloquer leur respiration. Les colliers sont placés durant une heure par jour et les proies sont collectées par la suite dans le gosier des poussins à l'aide d'une pince. Les fréquences de nourrissage ont été réalisées pour 6 nichées et à différents âges dans chacun des deux sites. Le principe est de se positionner pas très loin du nichoir pendant 60 minutes et de dénombrer les visites des parents au nichoir. Seules les visites avec une proie

dans le bec sont comptabilisées. 24h d'observations ont été effectuées tôt le matin dans le chêne zeen et 15h30 dans le chêne liège.

II.5. Analyse des données

Les analyses statistiques ont été réalisées grâce au logiciel SAS (1998, 2^{ème} génération) et statistica 1997 (version 5.1).

III. RESULTATS ET INTERPRETATION

III.1. Paramètres démographiques

Nous avons regroupé les données des deux années (2002-2003) pour l'étude des paramètres de la reproduction car l'analyse statistique n'a pas montré de variation annuelle de la date de ponte dans les deux sites ($F=3.21$, $p > 0.05$).

III.1.1.1. Taux d'occupation des nichoirs

160 nichoirs ont été installés dans les sites d'étude, 60 nichoirs dans la subéraie et 100 dans la zénaie. 50 nichoirs ont été placés dans chacun des deux habitats en 2002 et 30 nichoirs en 2003.

En 2002 dans la Subéraie, 21 nichoirs ont été occupés par la Mésange bleue, soit un taux d'occupation de 42%, un seul nichoir en revanche a été occupé par la Mésange charbonnière. Au cours de la même année, dans la zénaie, 23 nichoirs ont été occupés par la Mésange bleue soit un taux d'occupation de 46%, 2 nichoirs cependant ont été occupés par le Gobe mouche (Tab.1).

En 2003, 02 nichoirs ont été occupés par la Mésange charbonnière et 14 par la Mésange bleue dans le chêne liège, soit un taux d'occupation de 46.66%. Dans le chêne zeen, 16 nichoirs ont été occupés par la Mésange bleue, soit un taux d'occupation de 53.33%, et 02 nichoirs par le Gobe mouche (Tab. 1).

Tableau 1 : Taux d'occupation des nichoirs par la Mésange bleue
Cyanistes caeruleus ultramarinus dans la subéraie et la zénaie.

	SUBERAIE		ZENAIE	
	2002	2003	2002	2003
Nichoirs installés	50	30	50	30
Nichoirs occupés	22	16	25	18
Nichoirs occupés par la Mésange bleue	21	14	23	16
Nichoirs occupés par la Mésange charbonnière	01	02	00	00
Nichoirs occupés par le Gobe mouche	00	00	02	02

NB : Les nichoirs occupés par la mésange bleue ont été scindés en deux lots. Le premier a servi à la problématique actuelle et l'autre sera utilisé dans le cadre du chapitre III.

III.1.2. Date et période de ponte

Les femelles de Mésange bleue pondent, en moyenne dans le chêne liège le 06 avril (Tab.2) avec une durée de ponte de 37 jours (Fig. 1). Dans le chêne zeen, la date de ponte moyenne est le 22 avril et la période de ponte est étalée sur 21 jours (Fig. 1). Le premier œuf du couple le plus précoce a été pondu le 28 mars dans la Subéraie et le dans la zénaie, celui du couple le plus tardif le 24 avril dans la subéraie et le dans la zénaie.

Il existe une différence hautement significative dans la date de ponte entre les deux habitats ($F_{3-25} = 29.97, P < 0.0001$).

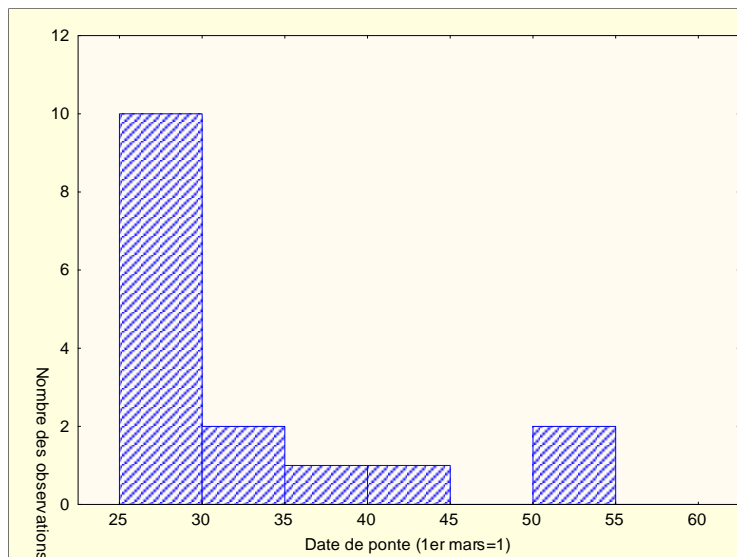
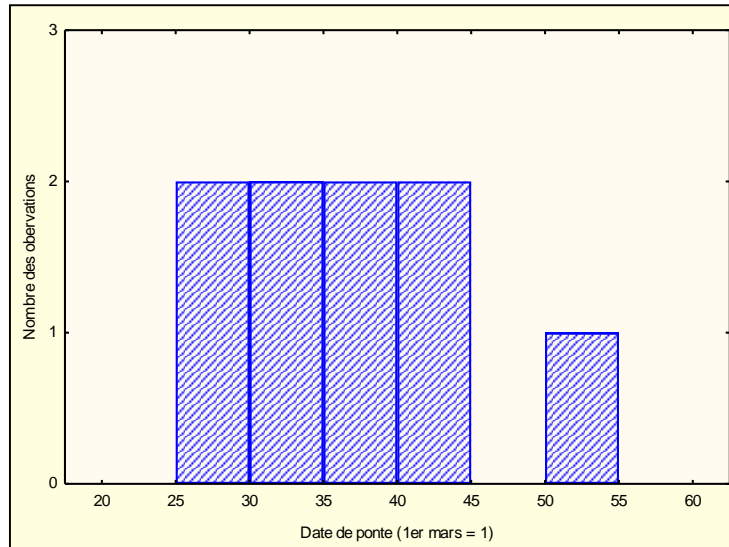


Figure 1 : Fréquences d'observation des dates de pontes dans la subéraie et la zénaie
(1 = 1^{er} mars)

III.1.3. Grandeur de ponte et masse de la couvée

Dans la subéraie, la grandeur de ponte moyenne est de 6.11 œufs par femelle alors que dans la zénaie, elle est en moyenne de 6.47 œufs (Tab 2). Les pontes les plus fréquentes sont de 6 œufs dans le premier site (Fig) et de 7 œufs dans le second (Fig 2). Il n'existe pas de différence significative entre les deux milieux ($F_{3-25} = 0.62$, NS).

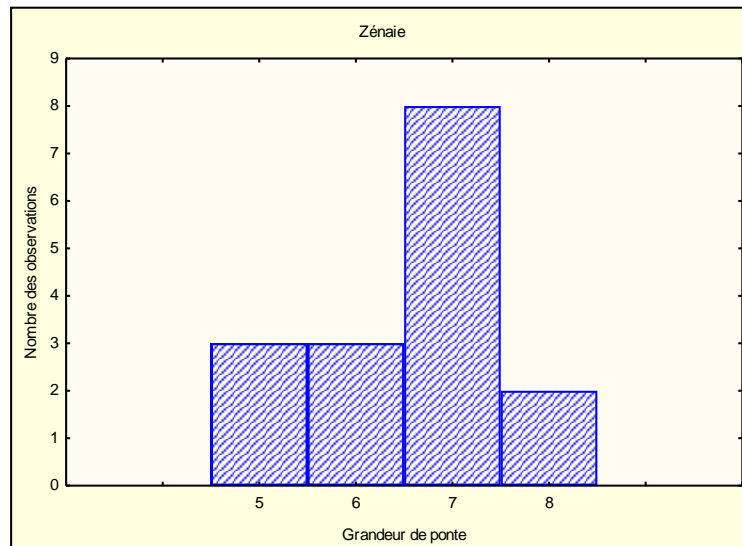
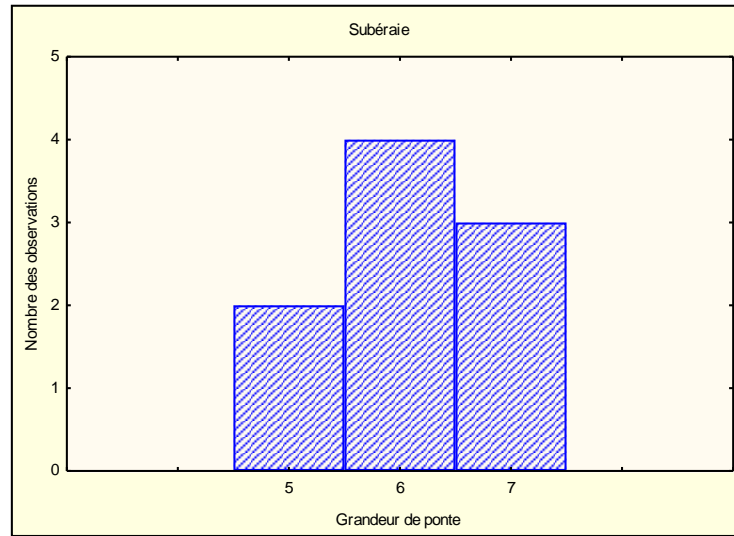


Figure 9: Fréquences des grandeurs de ponte dans la Subéraie et la zénaie

Dans la Subéraie, la masse de la couvée varie entre 5 et 9.50 g avec une moyenne de 7.50 g (Tab 2). Dans la Zénaie, elle varie de 5.50 et 9.50 g avec une valeur moyenne de 7.32 g. Les nichées de 7 g sont les plus fréquentes dans le premier site et de 8 g de dans le second (Fig. 3).

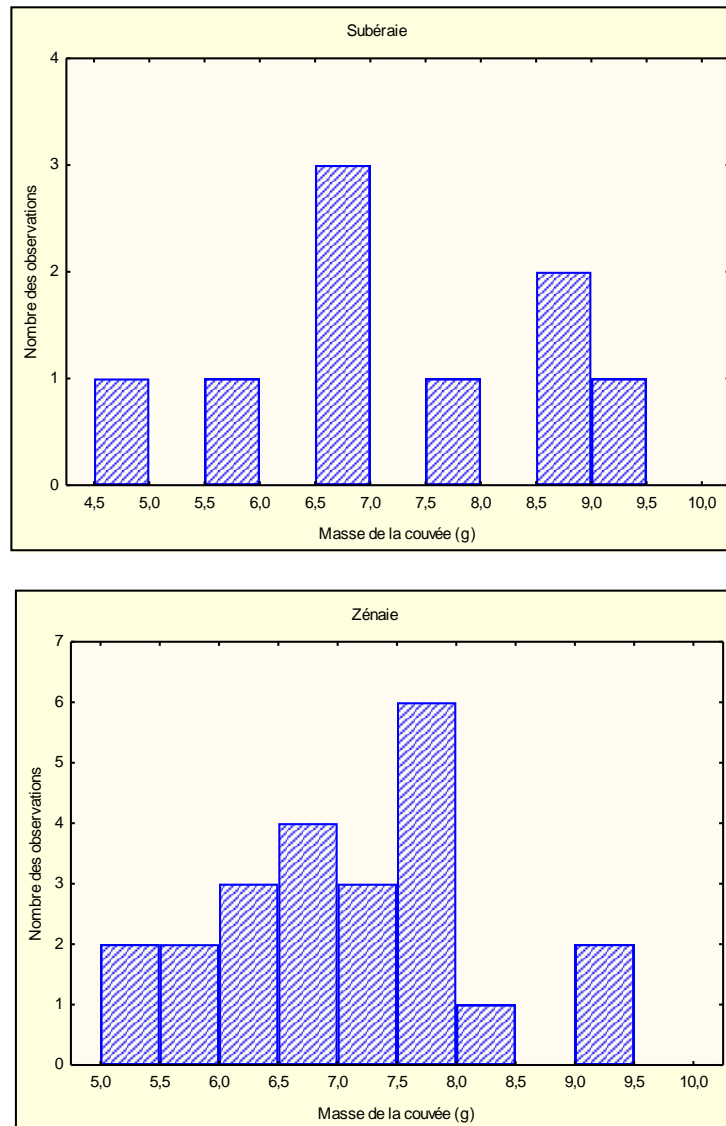


Figure 3: Fréquences de la masse des couvées dans la subéraie et la zénaie

La masse de la couvée est corrélée positivement à la grandeur de ponte dans la subéraie ($r=0.853$, $p<0.05$) et la zénaie ($r=0.748$, $p<0.05$), cependant, elle ne présente pas de différence significative entre les deux milieux ($F_{3-24} = 1.13$, NS).

III.1.4. Œufs éclos

Dans la subéraie, le nombre moyen d'œufs éclos est de 5.88 œufs (Tab. 2), il varie entre 4 et 7 œufs selon les nichées (Fig. 4). Dans la zénaie, ce nombre est de 5 œufs, et il varie de 3 à 8 œufs (Fig. 4). Il n'existe pas de différence significative entre les deux milieux pour ce paramètre ($F_{3-25}=2.56$, NS).

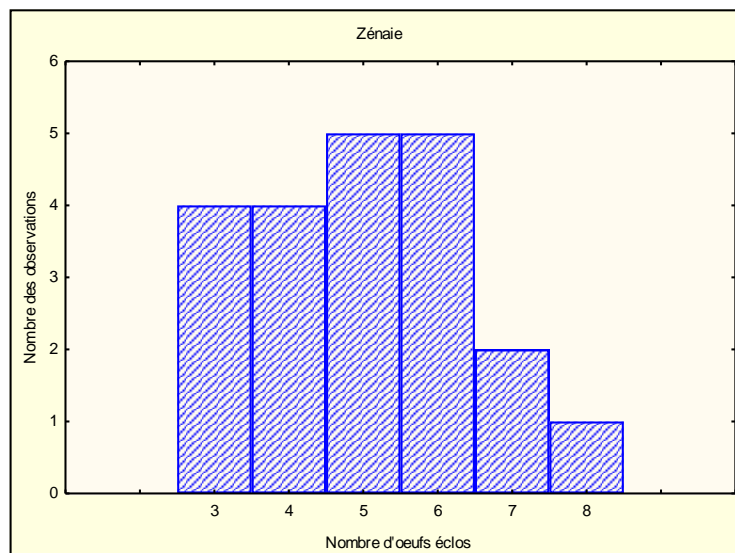
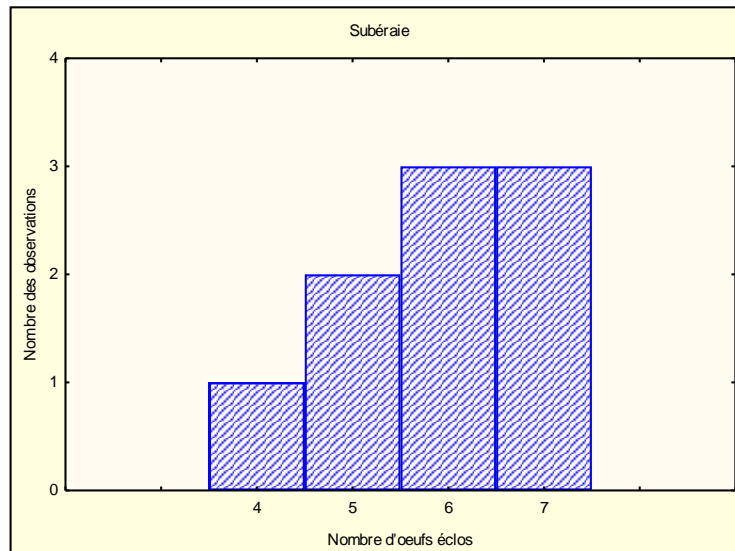


Figure 4 : Fréquences des œufs éclos dans la subéraie et la zénaie

III.1.5. Masse des poussins à l'envol

La masse moyenne des poussins âgés de 15 jours est de 09.92 g dans le Chêne liège et de 10.36 g dans le Chêne zeen (Tab 2). Elle varie de 9.30 à 10.33 g dans le premier site et de 9.33g à 11.33 g dans le second (Fig. 5). La masse des poussins présente une différence significative entre les deux milieux ($F_{3-25} = 13.95$, $p=0.01$).

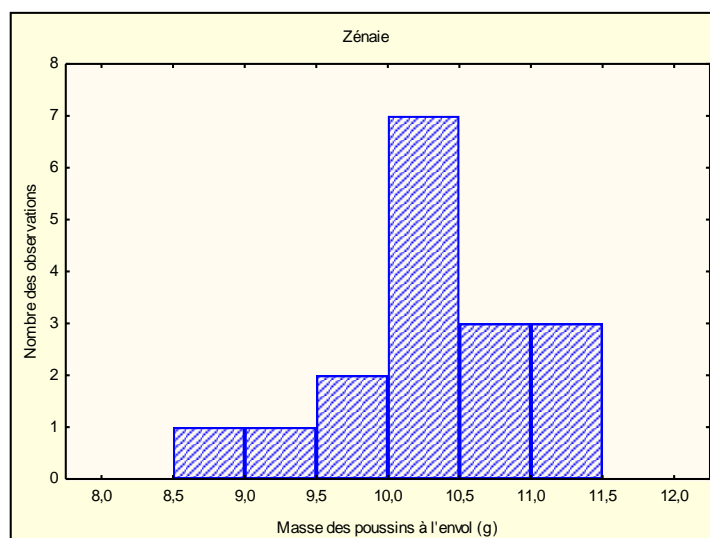
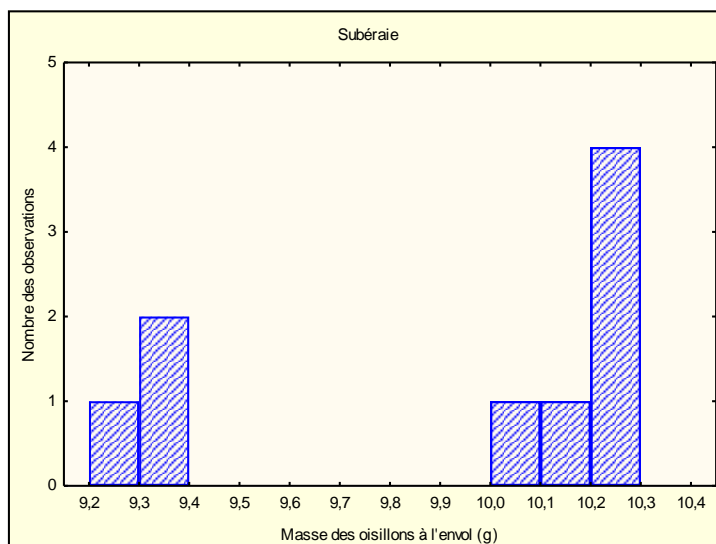


Figure 5: Fréquences de la masse des oisillons à l'envol dans la Subéraie et la zénaie

III.1.6. Paramètres morpho métriques

Dans la subéraie, la longueur moyenne du tarse est de 16.00 mm (Tab 2), elle est comprise entre 14.87 et 17.08 mm. (Fig. 6). Dans la zénaie, elle varie de 14.64 à 17.35 mm pour une valeur moyenne de 15.92 mm.

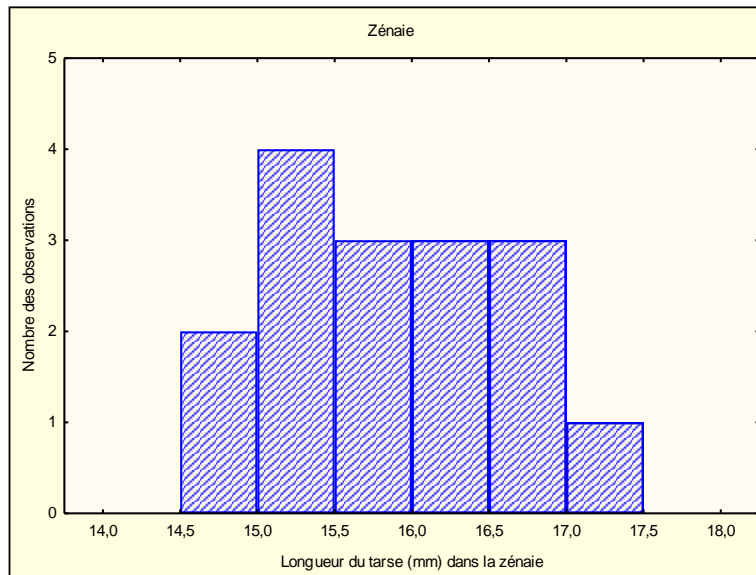
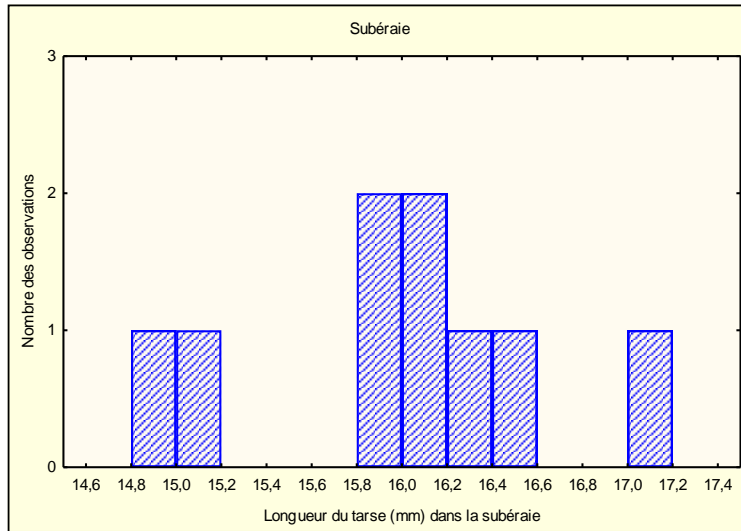


Figure 6 : Fréquences de la longueur du tarse dans la Subéraie et la zénaie

En ce qui concerne l'aile, la longueur moyenne est de 58.52 mm dans la subéraie et de 58.30 mm dans la zénaie (Tab. 2), elle est comprise entre 47.00 et 68.75 mm dans le premier site, et entre 41.50 à 67.33 mm dans le second (Fig. 7).

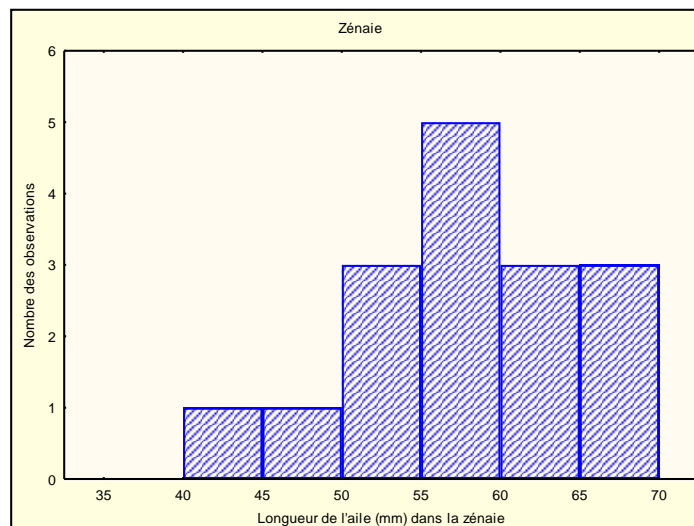
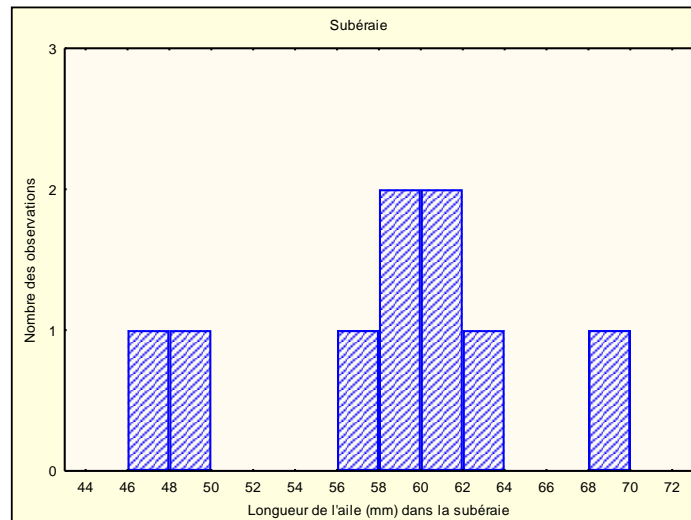


Figure 7 : Fréquences de la longueur de l'aile dans la Subéraie et la Zénaie

Il n'existe pas de différences significatives entre les deux milieux que ce soit pour la longueur du tarse ($F_{3-25} = 0.39$, NS) ou celle de l'aile ($F_{3-25} = 0.04$, NS).

III.1.7. Paramètres hématologiques

Le pourcentage moyen d'hématocrite est relativement élevé dans les deux sites. Dans la subéraie il est de 48.37% (Tab. 2), compris entre 37.75 % et 66.61%. Dans la zénaie, il est en moyenne de 54.59 %, compris entre 41.46 % et 72.03 % (Fig. 8). Il n'existe pas de différence significative du taux d'hématocrite entre les deux milieux ($F_{3-25} = 4.00$, $p > 0.05$).

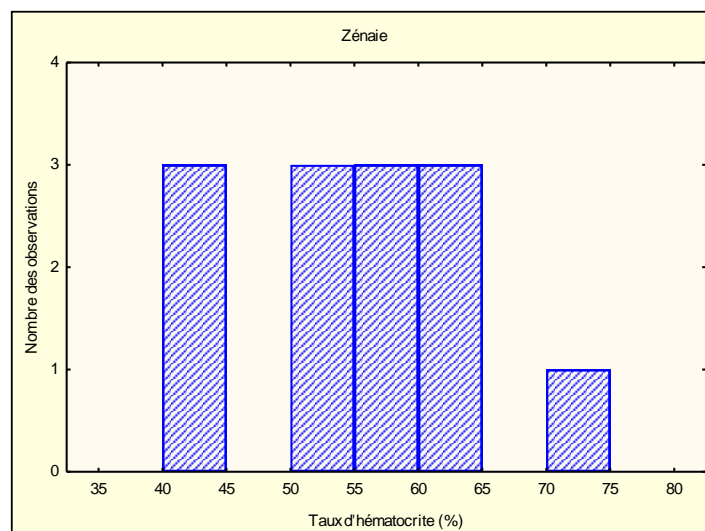
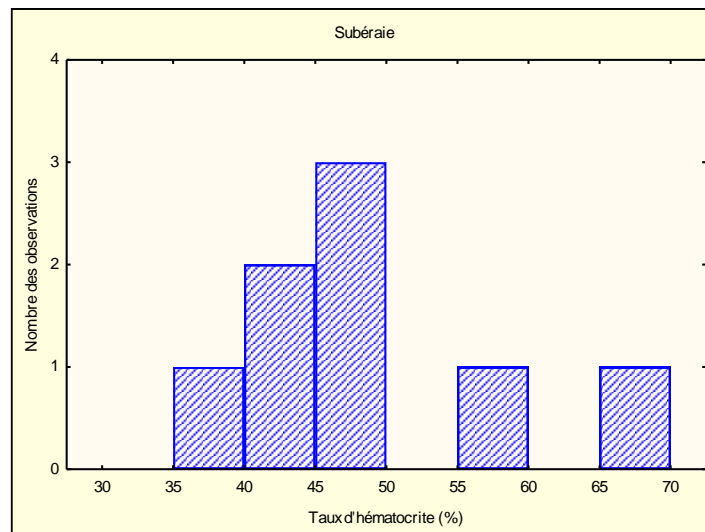


Figure 8 : Fréquences du taux d'hématocrite dans la subéraie et la zénaie

Le nombre de globules rouges moyen est de $1.92 \cdot 10^6/\text{ml}$ (Tab 7) dans la subéraie, il est compris entre $1.12 \cdot 10^6/\text{ml}$ et $4.60 \cdot 10^6/\text{ml}$ globules. Dans la zénaie, Il est de $5.31 \cdot 10^6/\text{ml}$, compris entre $1.81 \cdot 10^6/\text{ml}$ et $11.96 \cdot 10^6/\text{ml}$ globules (Fig. 9).

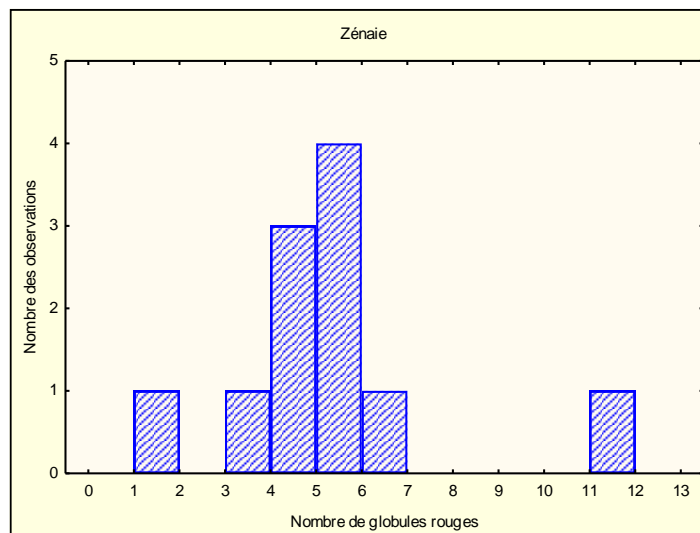
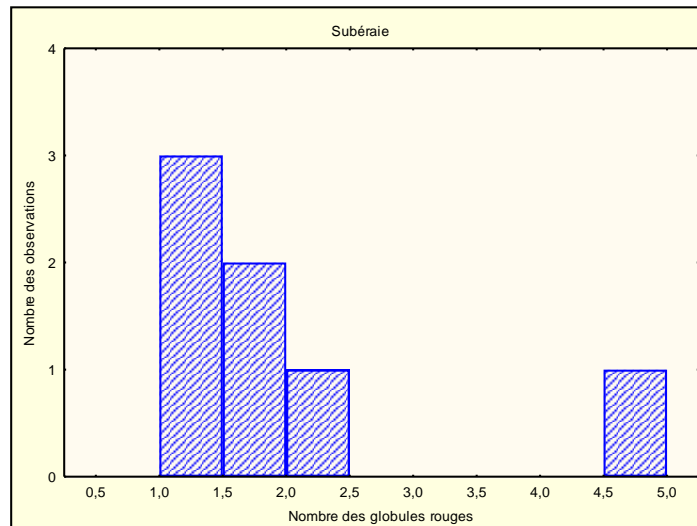


Figure 9 : Fréquences du nombre de globules rouges dans les deux milieux

Il existe une différence significative entre les deux milieux pour ce paramètre ($F_{3-25} = 12.62$, $p < 0.01$).

III.1.8. Succès de la reproduction

Le succès moyen de la reproduction est de 76.66% dans le chêne liège et de 62.79% dans le Chêne zeen (Tab 2), il est significativement plus élevé dans le premier site ($F_{3-25} = 5.06$, $p < 0.05$).

III.1.9. Succès à l'envol

Le nombre moyen de jeunes envolés par nichée est de 4.66 dans le Chêne liège et de 3.94 dans le Chêne zeen. Celui-ci ne diffère pas significativement entre les deux milieux ($F_{3-25} = 1.85$, $p > 0.05$). Le succès moyen à l'envol est de 86% dans le premier site et de 82.69% dans le second (Tab 2), il ne diffère pas significativement entre les deux habitats ($F_{3-25} = 2.56$, $p > 0.05$).

Tableau 2 : Paramètres de la reproduction de la Mésange bleue 2002-2003
dans le chêne liège et le chêne zeen

Paramètres	Chêne liège			Chêne zeen			F
	n	m	sd	n	m	sd	
Date de ponte (DP)	09	6/04	08.41	17	22/04	6.29	***
Grandeur de ponte (GP)	09	6.11	0.78	17	6.47	1.12	NS
Nombre d'œufs éclos	09	5.88	1.05	17	5.05	1.51	NS
Masse des poussins (j15)	09	9.92	0.45	17	10.65	0.51	**
Longueur du tarse (mm)	09	16.00	0.67	16	15.92	0.79	NS
Longueur de l'aile (mm)	09	58.52	6.73	16	58.30	7.37	NS
Hématocrite (%)	08	48.37	9.10	13	54.59	9.27	NS
Globules rouges (10 ⁶ /ml)	07	1.92	1.23	11	5.31	2.57	**
Jeunes envolés (JE)	09	4.66	1.22	17	3.94	1.51	NS
Succès de la reproduction (SR) %	09	76.44	0.18	17	61.05	0.20	*
Succès à l'envol (SE) %	09	80	0.18	17	80,52	0.24	NS

NS signifie non significatif, *, ** et *** indiquent respectivement P=0.05, p<0.01 et P< 0.001

III.2. Richesse du milieu

Les résultats obtenus sur la quantification de la biomasse des chenilles dans les deux habitats montrent que durant les deux années d'étude, la zénaie est le milieu le plus riche. En effet, nous avons enregistré en moyenne 213.01 ± 0.707 mg de crottes /m²/jour dans la subéraie et 1076 ± 61.759 mg de crottes/m²/jour dans la zénaie (Fig. 10). Malgré cette nette différence, il semble cependant exister une bonne synchronisation entre la date de ponte des Mésanges, la période d'élevage des jeunes et le pic d'abondance des chenilles particulièrement dans la subéraie.

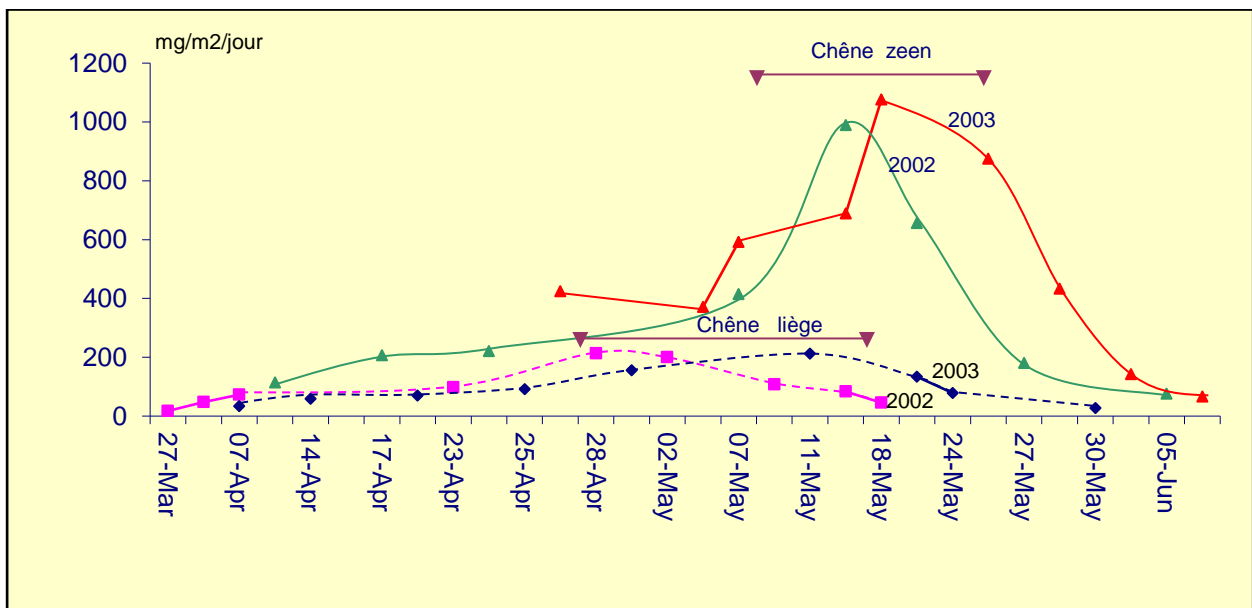


Figure 10 : Evolution de la biomasse des chenilles dans la Subéraie et la Zénaie au cours des saisons 2002-2003

Dans le Chêne zeen, la date de ponte moyenne est le 22 avril et le pic d'abondance des chenilles est atteint le 15 mai soit 23 jours après la date de ponte alors que dans le chêne liège, la date de ponte moyenne est le 6 avril et le pic d'abondance des chenilles est atteint le 4 mai soit 28 jours après la date de ponte. D'une manière générale, on estime que chez les Mésanges, le pic de demande de nourriture est atteint 28 jours après la date de ponte (12 jours d'incubation, 6 jours pour la grandeur de ponte et 10 jours l'âge des poussins) soit le 20 mai dans la zénaie (2002 : pic d'abondance=13 mai ; pic de demande = 19 mai), et le 4 mai dans la subéraie (2002 : pic d'abondance=18 mai ; pic de demande = 21 mai).

III.3. Régime alimentaire et fréquences de nourrissage des poussins

131 proies ont été récoltées dans le Chêne zeen et 64 proies dans le Chêne liège. L'analyse de la proportion des proies dans le régime alimentaire des poussins a montré que celui-ci est composé à 90.07% de larves de Lépidoptères dans la zénaie, la présence des autres items est insignifiante. Dans la subéraie, le régime alimentaire est plus diversifié, on note 64.06% de larves de Lépidoptères, 18.75% d'Araignées et 12% d'Orthoptères, un seul Hyménoptère (1.56%) a été collecté (Fig. 11). Des poches d'œufs indéterminés ont été également récoltés à raison de 3.83% dans la zénaie et 3.12% dans la subéraie. L'analyse statistique montre une différence hautement significative entre les deux habitats ($p < 0.001$) (Tab. 3).

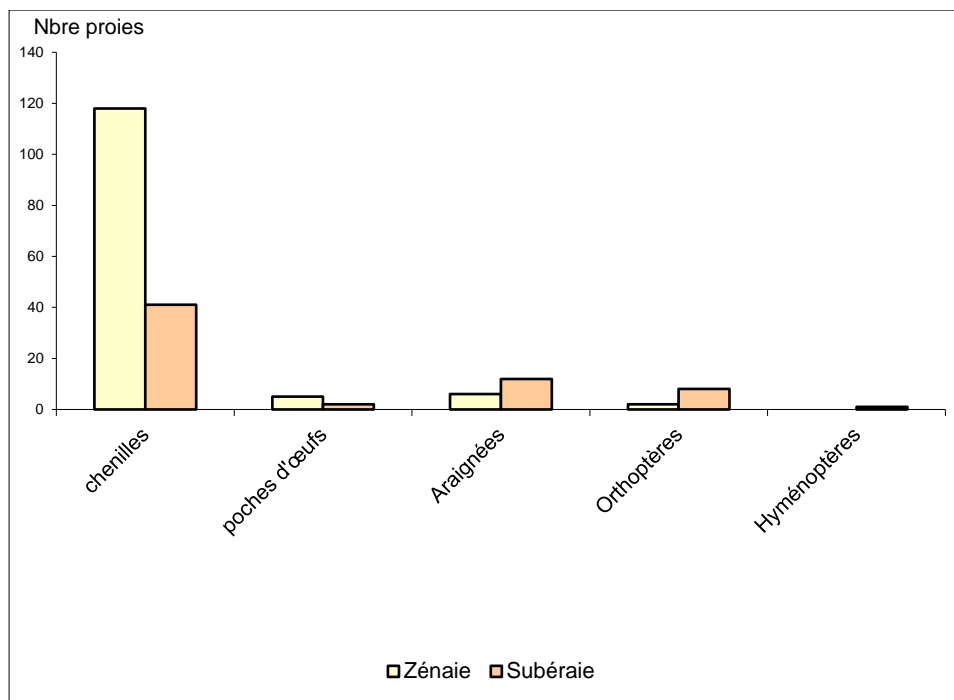


Figure 11 : structure du régime alimentaire des pulli de Mésange bleue
Dans la Subéraie et la Zénaie

Tableau 3 : Proportion des chenilles dans le régime alimentaire de la Mésange bleue

Catégories	Milieux	Chêne zeen (131)	Chêne liège (64)	Test Khi2
Chenilles de Lépidoptères		90.1% (118)	64.1% (41)	***
Araignées		4.6% (06)	18.7% (12)	***
Orthoptères		1.5% (02)	12% (08)	***

*** P<0.001

Les fréquences de nourrissage, sont nettement plus élevées dans le chêne zeen où on enregistre 7.64 visites/heure/oisillon contre 3.72 visites/heure/oisillon dans le chêne liège. L'analyse statistique montre une différence significative entre les deux habitats à j5 (p<0.0002), j10 (p<0.0001) et J15 (p<0.0001) (Tab 4).

Tableau 4 : Fréquences de nourrissage à différents âges dans la subéraie et la zeenaie (n=7)

Milieux	Age	5 jours **	10 jours ***	15 jours ***
Chêne zeen (24H)		1.04 ± 0.7	3.1 ± 0.34	2.53 ± 0.27
Chêne liège (15h)		0.47 ± 0.24	1.71 ± 0.41	1.00 ± 0.24

P=0.001, * P<0.001

IV. DISCUSSION

Les résultats obtenus durant les deux années d'étude, montrent que les mésanges bleues élèvent leurs petits lorsque le nombre de chenilles dans le milieu est élevé aussi bien dans l'habitat sempervirent que dans l'habitat caducifolié. Ces résultats sont réconfortés par les conclusions tirées de plusieurs travaux européens selon lesquels les chenilles sont les principales proies des mésanges afin d'optimiser l'élevage de leurs petits. Etonnamment, les Mésanges bleues algériennes sont capables d'ajuster leur période de reproduction dans des habitats de chêne très distincts, l'un sempervirent situé à basse altitude et qui ne perd chaque année qu'une partie de son feuillage, et l'autre caduque, situé à haute altitude et qui perd chaque année l'ensemble de son feuillage. Nous pensons cependant que la superficie couverte par le chêne zeen est limitée par rapport à celle du chêne liège (chêne zeen : 4325 ha ; chêne liège : 34167 ha, BNEF 1984), pour permettre une différenciation génétique entre les deux populations (Dias 1996, Blondel *et al.* 2006), Il s'agirait donc d'une plasticité phénotypique adaptative des populations et les mésanges de la zénaie pourraient provenir de lignées génétiques adaptées au chêne liège (Dadci, 2005).

Le système « Chêne – Chenille - Mésange » est connu pour être sensible à la température (Buse *et al.* 1999, Visser *et al.* 2004). Celle-ci, peut entraîner un retard maximal dans la phénologie du chêne de 3 à 4 semaines dans les zones froides par rapport aux plus chaudes. Dans notre région d'étude, la zénaie d'El-Ghorra est située à 900 mètres d'altitude où les conditions climatiques sont caractérisées par des températures relativement basses et un taux d'humidité important provoquant ainsi un retard significatif dans le déclenchement du développement de ce système. Ainsi un retard de deux semaines environ dans la date de ponte et le pic d'abondance des chenilles est enregistré dans le chêne zeen favorisant ainsi une plasticité phénotypique adaptative des populations. Ce résultat implique aussi que les variations spatiales des conditions microclimatiques ont un impact important sur la capacité des mésanges à adapter la période de leur reproduction à des types d'habitats distincts. Ainsi, en fonction du pic d'abondance des chenilles, les femelles pondent soit plus tôt, soit plus tard dans la saison.

La nourriture est un facteur clé dans la survie des poussins de mésange bleue. Dans les chênaies sempervirentes, le feuillage régénère partiellement au printemps (30%), créant ainsi des situations idéales à une production régulière des chenilles. Le pic de disponibilité alimentaire a eu lieu donc tard dans la saison, par conséquent les chenilles seraient disponibles dans ce milieu sur une longue période. Contrairement, Le processus foliaire du Chêne zeen, comprend chaque année le renouvellement intégral du feuillage, lequel a lieu tôt en saison ; la production des chenilles est donc élevée et précoce dans les chênaies caducifoliées. Ainsi, le pic des crottes de chenille a atteint 1023 mg/m²/j dans le Chêne zeen et 213.09 mg/m²/j dans le Chêne liège. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus en Europe. En corse, le pic enregistré dans le chêne vert est de 147 mg (Tremblay, 3003) sur le continent, toujours dans le même milieu, 92 mg de crottes ont été quantifiés (Tremblay, 3003). Dans les forêts caduques, 1474 mg de crottes ont été quantifiés en corse et 61 mg (Tremblay, 3003) en Rouvière (France). Ainsi, en fonction du pic d'abondance des chenilles, les femelles pondent soit plus tôt, soit plus tard dans la saison.

La qualité et la quantité des ressources alimentaires sont cruciales pour la détermination des traits d'histoire de vie des populations de Mésange bleue (Lambrechts 1997, Martin 1987, Perrins 1970). Ainsi, les larves de Lépidoptères constituent la proie préférée des poussins durant la période de présence des jeunes au nid (Blondel et *al.*, 1991a, Banbura 1994). Nos résultats révèlent que les chenilles constituent la majorité du régime alimentaire dans les deux sites avec un taux plus élevé dans le chêne zeen (90 %). Dans le chêne liège, le régime alimentaire est plus diversifié contenant d'autres types de proies telles que les Araignées et les Orthoptères. Ces résultats sont comparables à ceux de Betts (1955) qui estime que les mésanges ne se limitent jamais à une niche trophique exclusivement basée sur les larves de Lépidoptères et qu'elles exploitent au moins 10 % d'autres catégories de proies afin d'améliorer la valeur nutritive du régime alimentaire des poussins. Ainsi, les résultats obtenus sur les fréquences de nourrissage montrent que celles-ci sont plus importantes dans le Chêne zeen où la nourriture est plus abondante et plus accessible pour les parents afin de nourrir leurs petits à différents âges.

Si la taille de ponte, était bien adaptée aux conditions alimentaires locales, nous aurions eu dans le chêne zeen des nichées plus grandes, équivalentes à celles observées en Europe continentale (10-11 œufs / taille de ponte moyenne, Blondel et *al.* 1993), puisque nous supposons que les mésanges adaptent leur taille de ponte en fonction de la disponibilité

alimentaire (Perrins 1990, 1991), afin de permettre aux parents d'élever des nichées plus grandes dans l'habitat riche. Étonnamment, les résultats obtenus dans la région d'étude montrent que la taille de ponte moyenne est faible dans les deux types d'habitats. Ces résultats sont équivalents à ceux trouvés dans les habitats sempervirents de Corse, et dans les sites d'étude d'Afrique du Nord d'une manière générale (Chabi & Isenmann 1997).

Cette mal-adaptation de la taille de ponte à la quantité de nourriture disponible pour les oisillons a également été trouvée en Corse dans le chêne pubescent (Lambrechts et al. 1997a) et en Europe pour les populations continentales (Perrins 1989, Dhondt et al. 1990, Postma & Van Noordwijk, 2005a). L'existence de ces tailles de ponte mal adaptées désigne une forte génétique de base de ce paramètre pour la mésange bleue, la même chose a été rapportée pour la mésange charbonnière (Postma & van Noordwijk 2005b).

Plus surprenant, la taille de ponte et le nombre de jeunes à l'envol sont assez faibles dans les deux habitats et ce en dépit des traitements antiparasitaires. Les résultats obtenus sont les plus faibles de la plupart, sinon de tous les sites d'étude européens de chêne (Fargallo & Johnstone, 1997, Massa et al. 2004, Arriero et al. 2006, Blondel et al. 2006). Ceci suggère que des facteurs autres que l'alimentation et les ectoparasites sont responsables de ce faible succès de la reproduction aussi bien dans l'habitat sempervirent que caducifolié. Un des facteurs clés, qui pourrait être à l'origine de ces résultats particulièrement au niveau de la zénaie, c'est la prédation au nid. En effet, les Mésanges sont connues pour ajuster leurs traits d'histoire de vie à la pression de la prédation (Julliard et al. 1997). Par ailleurs, les Mésanges sont sensibles aux changements de l'environnement chimique des nids (Petit et al. 2002), le traitement antiparasite pourrait être responsable de ce changement puisqu'il tend à augmenter la chaleur de ces derniers. Fait intéressant, en Algérie les Mésanges bleues adultes sont réticentes à visiter les nichoirs en présence de l'homme, ce qui pourrait expliquer pourquoi les fréquences observées pour l'alimentation des oisillons sont beaucoup plus faibles que celles rapportées dans d'autres travaux (Hurtrez-Bousses et al. 1998). Finalement, nous ne pouvons pas exclure que la présence de prédateurs ainsi que la surveillance intensive des nichoirs ont modifié le comportement des parents avec des effets négatifs potentiels sur la survie des oisillons.

CHAPITRE III : EFFET DE LA MANIPULATION EXPÉRIMENTALE DES NICHÉES SUR LES PARAMÈTRES MORPHOLOGIQUES ET HÉMATOLOGIQUES DES POUSSINS DE MÉSANGE BLEUE

I. INTRODUCTION

De nombreuses études se sont penchées sur la relation entre la taille de la nichée et l'effort parental, généralement estimé à l'aide de la fréquence d'alimentation, afin d'expliquer les contraintes sur la taille de la nichée des oiseaux nidicoles (Nur 1987). Lack (1954), proposa un modèle selon lequel les adultes ont une taille de nichée correspondant au nombre de poussins qu'ils sont capables d'élever adéquatement. Il stipule également que la taille de nichée optimale correspond à la taille de nichée la plus fréquemment observée dans la population (nichée modale). Conséquemment, cette hypothèse d'optimisation de la taille de la nichée prédit que le rythme d'alimentation au nid devrait augmenter pour les nichées naturelles de grande taille. Toutefois, cette augmentation du rythme total n'étant pas proportionnelle à l'accroissement du nombre de poussins, cela entraînerait une diminution du rythme d'alimentation par poussin. Ainsi, la diminution de la masse des poussins à l'envol de nichée plus grande que la moyenne reflèterait l'incapacité des adultes à alimenter adéquatement leurs poussins. Cette diminution de l'effort parental pourrait provenir d'une fatigue des adultes reflétant leur incapacité à augmenter leur effort reproducteur ou d'une restriction volontaire leur permettant de conserver leur condition corporelle et ainsi assurer leur survie et leur probabilité de reproduction future.

L'hypothèse d'Ashmole (Ricklefs 1980), ne prend pas en considération la quantité absolue de la nourriture durant la saison de reproduction, mais le rapport entre les niveaux de ressource alimentaire les plus élevés (durant la saison de reproduction) et les plus bas (en dehors de la saison de reproduction), à savoir la quantité de nourriture disponible entre l'été et l'hiver. Cette différence représente la quantité dont les oiseaux disposent pour élever les poussins.

Enfin, l'hypothèse de Cody (1966, 1971) s'appuie sur le concept d'optimisation de l'effort de reproduction en rapport avec l'espérance de vie des oiseaux : c'est le principe d'allocation d'énergie (Levins 1968); c'est-à-dire que les besoins en énergie d'un individu sont répartis en trois budgets : maintenance, croissance et reproduction. C'est la sélection naturelle qui réalise l'allocation en temps et en énergie dans chacun de ces budgets (Gaubert 1985). Ainsi, dans les conditions environnementales stables et peu contrastées, comme en région méditerranéenne, où la mortalité hivernale est faible et les densités sont élevées, c'est le budget survie individuelle qui serait optimisé aux dépens de l'effort de reproduction. Pourtant les travaux de Gaubert (1985), de Blondel et *al.* (1985), ont montré que les populations de Mésange bleue Corse qui réalisent des grandeurs de ponte relativement faibles, sont capables d'élever un nombre plus élevé de poussins qu'elles ne le font naturellement.

En Algérie, les Mésanges bleues sont confrontées à des variations importantes des conditions alimentaires agissant sur les traits d'histoire de vie et le succès de reproduction local (Floret et *al.* 1989, Chabi, 1998). Ces variations sont en relation avec la diversité des habitats forestiers dominés principalement par le Chêne liège selon les régions et l'altitude. D'une manière générale, les essences sempervirentes sont représentées par le chêne liège et le chêne vert et les essences caducifoliées par le Chêne zeen, l'Aulne et le Frêne. Le processus de développement foliaire du Chêne zeen (*Quercus faginea mirbeki*) implique chaque année le renouvellement intégral du feuillage, lequel a lieu plus tôt dans la saison permettant ainsi une forte production en chenilles. En revanche, le Chêne liège (*Quercus suber*) dominant dans la région du Parc National d'El-Kala, renouvelle son feuillage tout les 13 à 15 mois environ (Floret et *al.* 1989) et les bourgeons se développent plus tard dans la saison. La production en chenilles est donc plus réduite que dans les milieux caducifoliés. Durant la saison de reproduction, les poussins de la Mésange bleue dans la région, se nourrissent essentiellement de chenilles de Lépidoptères (Chabi, 1998, Bouslama 2003), mais la ration alimentaire peut également être constituée d'adultes d'invertébrés (Arachnides, Orthoptères, Hyménoptères, Homoptères, Phasmidés...). Leur proportion dans le régime alimentaire est, cependant, très variable selon les habitats ou au cours de la saison. Par conséquent, la nourriture est un facteur clé qui oblige la femelle à se reproduire de façon à ce qu'il y ait une bonne synchronisation entre la période d'élevage des poussins et le maximum de disponibilité alimentaire dans le milieu (Lambrechts et *al.* 1997, Zandt et *al.* 1990).

La grandeur de ponte reflète l'importance des ressources trophiques dans le milieu. Les résultats obtenus dans le chapitre précédent concernant la richesse du milieu, ont montré que dans les deux habitats il y'avait un bon ajustement entre la période d'élevage des oisillons et le pic d'abondance de nourriture, cependant les grandeurs de ponte sont relativement faibles en comparaison avec Chabi (1998), particulièrement dans le chêne zeen. Pour les populations qui nichent dans le chêne liège, la nourriture est moins disponible en particulier lorsque la saison de reproduction est avancée et l'effort investi par les parents pour l'alimentation des poussins est plus important comparativement à celles qui nichent dans les habitats caducifoliés où la nourriture est plus disponible. Dans ce contexte, nous nous sommes proposés de réaliser une réduction expérimentale des nichées de Mésange bleue dans la subéraie et un agrandissement des nichées dans la zénaie, ceci afin de diminuer l'effort reproductif des Mésanges dans le premier habitat considéré comme pauvre et d'augmenter cet effort reproductif dans l'habitat caducifolié considéré comme riche (voir chapitre II). L'objectif est de comprendre les mécanismes d'adaptation de ces populations face aux variations de nourriture et de vérifier l'hypothèse de Lack (1954) selon laquelle la taille de nichée correspond au nombre de poussins que les parents sont capables d'élever convenablement. La manipulation de la taille de nichée constitue un moyen efficace qui devrait nous permettre à travers la mesure de certains paramètres (succès de la reproduction, taux de globules rouges...) de comprendre les interactions entre la taille de la nichée, la disponibilité alimentaire, l'effort parental et la survie des oisillons.

II. METHODES D'ECHANTILLONNAGE

II.1. Phénologie de la reproduction

Nous avons suivi la phénologie de reproduction depuis la ponte jusqu'à l'envol des oisillons. Nous présenterons dans ce chapitre les principaux traits uniquement puisque la reproduction des Mésanges bleue a été détaillée dans les chapitres précédents.

II.2. Manipulation expérimentale des nichées

Les manipulations des nichées ont été réalisées en 2002 dans les deux sites d'étude. A partir de l'éclosion des œufs, nous avons pesés les oisillons à 01 jours et de façon aléatoire, nous avons réalisé des réductions de nichées dans la subéraie de Brabtia, milieu considéré comme

pauvre et des agrandissements de nichées dans la zénaie d'El-Ghorra, milieu riche en ressources alimentaires.

II.2.1. Réduction expérimental des nichées dans la subéraie

Nous avons partagé les nichées en deux lots. 5 nichées réduites et 5 témoins. Nous avons enlevé 3 oisillons âgés de 01 jour à chacune des nichées réduites. Les 15 oisillons enlevés ont été déposés dans les 04 nichoirs installés hors cette étude. Nous avons obtenus pour les réduites, 03 nichées à 4 oisillons et 02 nichées à 3 oisillons. Pour les témoins, nous avons 03 nichées à 6 oisillons et respectivement 01 nichées à 5 et à 7 oisillons.

II.2.2. Agrandissement expérimental des nichées dans la zénaie

Nous avons partagé les 15 nichées en deux lots. 6 nichées agrandies et 6 nichées témoins, les 3 autres nichées ont été sacrifiées pour l'agrandissement. Nous avons rajouté 3 oisillons âgés de 01 à 02 jours à chacune des 6 nichées. Nous avons obtenu : 01 nichée à 12 oisillons, 01 nichée à 11 oisillons et 02 nichées respectivement à 10 et 09 oisillons. Pour les nichées témoins, nous avons une nichée à 8 oisillons, 3 nichées à 7 et 02 nichées à 6 oisillons.

II.3. Fréquences de nourrissage et régime alimentaire

Les fréquences de nourrissage ainsi que le régime alimentaire ont été étudiées pour les nichées réduites et témoins dans la Subéraie et pour les nichées agrandies et témoins dans la zénaie. Les méthodes appliquées sont celles décrites dans le chapitre II. Ces rythmes ont été réalisés pendant 36 heures dans les deux sites, ils ont concernés trois nichées dans chaque lot.

II.4. Traitement des données

Les données obtenues ont été analysées à l'aide de deux logiciels : Statistica (version 5) 1997, et Statistix (1996). Nous avons calculé la moyenne et l'écart-type pour chaque paramètre, utiliser le test T de Student pour comparer les moyennes entre elles.

III. RESULTATS ET INTERPRETATION

Les manipulations des nichées ont été réalisées après éclosion des œufs, les tailles de ponte ont ainsi été modifiées. Auparavant, nous avons noté les principaux paramètres de la reproduction dans les deux sites. 20 nichoirs ont été installés dans chacun des deux sites

(Tab.1). 12 ont été occupés dans la subéraie où deux nichées ont été prédatées au stade œufs et 15 ont été occupés par la Mésange bleue dans la zénaie.

Tableau 1 : Taux d'occupation des nichoirs en 2002 dans la subéraie et la zénaie

	Subéraie	Zénaie
Nichoirs installés	20	20
Nichoirs occupés par la Mésange bleue	12 (60%)	15 (75%)

III.1. Réduction des nichées dans la subéraie

III.1.1. Paramètres de la reproduction

Dans la subéraie (Tab.2), les Mésanges bleues pondent en moyenne le 7 avril. La période de ponte est relativement courte, elle est étalée sur 18 jours. La grandeur de ponte moyenne est de 6.6 œufs par femelle. Elle varie de 5 à 9 œufs selon les nichées. Nous avons dénombré au total, 04 pontes de 7 œufs, 03 pontes de 6 œufs et 01 ponte respectivement de 5 et de 9 œufs. Le nombre moyen d'œufs éclos par nichée est de 6.50, il varie entre 5 et 9 œufs.

Tableau 2 : Paramètres de la reproduction de la Mésange bleue dans la Subéraie

(n = nombre d'observations, m = moyenne, sd = déviation standard).

Paramètres	Moyenne		
	n	m	sd
Date de ponte	10	38.30	6.66
Grandeur de ponte initiale	10	6.60	1.07
Œufs éclos	10	6.50	1.17

DP : 1^{er} mars = 1

III.1.1.1. Paramètres morphologiques

La masse moyenne des oisillons âgés de 5 jours est de 5.29 g dans les nichées réduites et de 5.96 g dans les nichées témoins. Chez les oisillons âgés de 10 jours, elle est de 10 g dans le lot réduit et de 9.48 dans le lot témoin (Tab. 3). L'analyse statistique ne montre pas de différences significatives à 5 et 10 jours ($T = -0.92$, $p=0.38$ et $T = 0.77$, $p=0.21$). Chez les oisillons âgés de 15 jours, elle est de 9.92g dans les nichées témoins et de 10.99 dans les nichées réduites (Tab. 3). L'analyse statistique montre une différence hautement significative entre les deux lots ($T= 38.67$, $p<0.001$).

Les mesures du tarse et de l'aile ont été effectuées sur chaque poussin âgé de 15 jours. La longueur moyenne du tarse est de 16.16 mm dans les nichées témoins et de 16.31mm dans les nichées réduites (Tab. 3). La longueur moyenne de l'aile est de 62.24mm dans le lot témoin et de 54.88 mm dans le lot réduit (Tab.3), l'analyse statistique montre une différence significative entre les deux lots ($T = -2.61$, $p<0.05$).

III.1.1.2. Paramètres hématologiques

Le pourcentage d'hématocrite moyen est relativement élevé. Il est de 45.14% dans les nichées témoins et 48.89% dans les nichées réduites (Tab. 3), toutefois, il n'existe pas de différences significatives entre les deux lots ($T = 1.51$, $p = 0.205$). En ce qui concerne le nombre de globules rouges moyen, il est significativement plus élevé dans les nichées réduites ($T = 2.64$, $P <0.05$). Il est de $1.54 \cdot 10^6/\text{ml}$ dans les nichées témoins et de $3.97 \cdot 10^6/\text{ml}$ dans les nichées réduites (Tab.3).

III.1.1.3. Jeunes à l'envol

Le nombre moyen de jeunes envolés dans les nichées témoins est de 4.40 oisillons alors que dans les nichées réduites, il est de 3.40 oisillons (Tab.3) L'analyse statistique montre une différence significative entre les deux lots ($T = -1.27$, $p=0.251$) (Tab. 3).

Tableau 3 : Paramètres morphologiques et hématologiques des oisillons dans la subéraie
(n = nombre d'observations, m = moyenne, sd = déviation standard).

Paramètres	N. témoins			N. réduites		
	n	m	sd	n	m	sd
Masse des poussins à j5 (g)	5	5.96	1.08	5	5.29	1.20
Masse des poussins à j10	5	9.48	1.49	5	10.00	0.26
Masse des poussins à j15	5	9.92	0.45	5	10.99	0.28
Tarse (mm)	5	16.16	0.82	5	16.31	0.40
Aile (mm)	5	62.24	4.19	5	54.88	4.70
Hématocrite (%)	5	45.14	4.33	5	48.89	2.08
Globules rouges (10⁶/ml)	5	1.54	0.47	5	3.97	1.78
Jeunes envolés (JE)	5	4.40	1.51	5	3.40	0.89

III.1.2. Fréquences de nourrissage des oisillons

Les fréquences de nourrissage sont variables dans la subéraie. Elles sont néanmoins plus élevées dans les nichées témoins (Fig.1). En effet, la moyenne de nourrissage par heure des oisillons âgés de 5 jours est de 0.23 dans le lot témoin et 0.75 dans le lot réduit, celle des poussins âgés de 10 jours est de 1.33 dans le premier lot et de 1.87 dans le second et enfin celle des poussins âgés de 15 jours, est de 1.5 dans les nichées témoins et de 1.73 repas/oisillon/heure dans les nichées réduites. La comparaison des rythmes de nourrissage à différents âge, indique que ces derniers sont significativement plus élevés dans le lot réduit à J5 seulement ($T= 4.92$, $p<0.05$). Il n'existe pas de différences à J10 ($T=- 1.56$, $p = 0.218$) et J15 ($T=- 1.01$, $p = 0.419$).

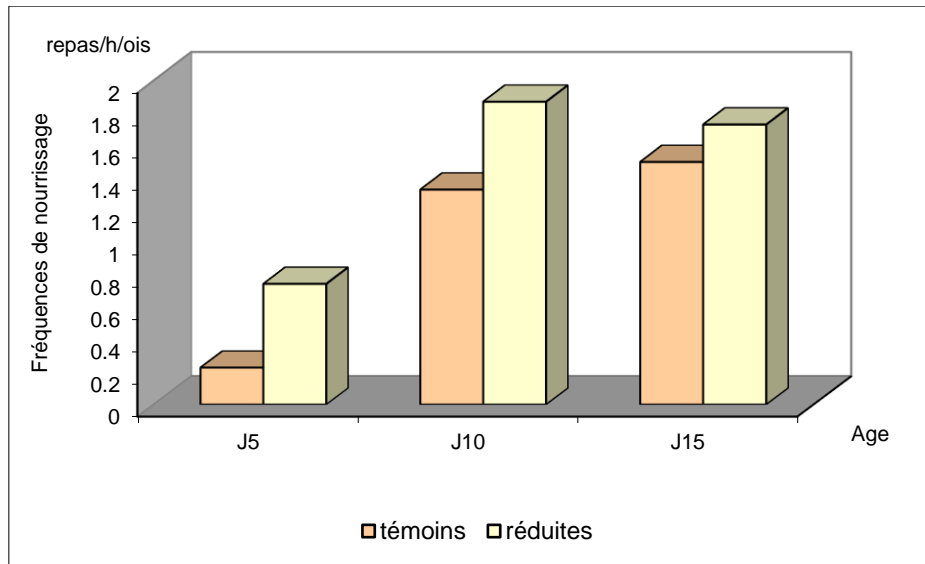


Figure 1 : Fréquences de nourrissage des poussins par heure et par oisillon dans les nichées témoins et agrandies

III.1.3. Composition et structure du régime alimentaire

Le régime alimentaire des poussins est dominé dans les deux lots, témoin et agrandi, par les larves de Lépidoptères (Fig. 2) qui constituent les proies de prédilection des poussins. Elles représentent à elles seules 86% de la somme des proies dans les nichées témoins et 89% dans les nichées agrandies. Les adultes représentent 7% dans le premier lot et 11% dans le second. Enfin, les poches d'œufs avec 7% ne sont présent que dans les nichées témoins.

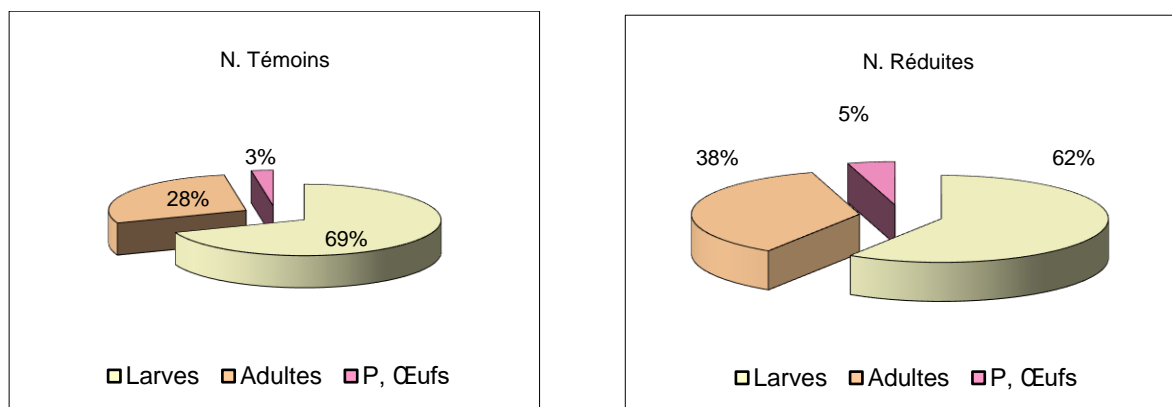


Figure 2 : proportion des différentes proies selon le stade de développement

L'analyse de la structure du régime alimentaire des oisillons a révélé l'existence de 4 groupes de proies (Fig. 3). Les chenilles de Lépidoptères constituent les principales proies avec 67.50

% dans le lot témoin et 56.52 % dans le lot réduit, cependant la présence des autres items n'est pas insignifiante. Ainsi, les Araignées et les Orthoptères représentent respectivement 10 et 26 % du régime dans les nichées témoins et 26 et 4.35 % dans les nichées réduites où nous avons aussi dénombré 4.35% d'Hyménoptères. Les poches d'œufs et les proies indéterminées sont faiblement représentées dans les deux lots.

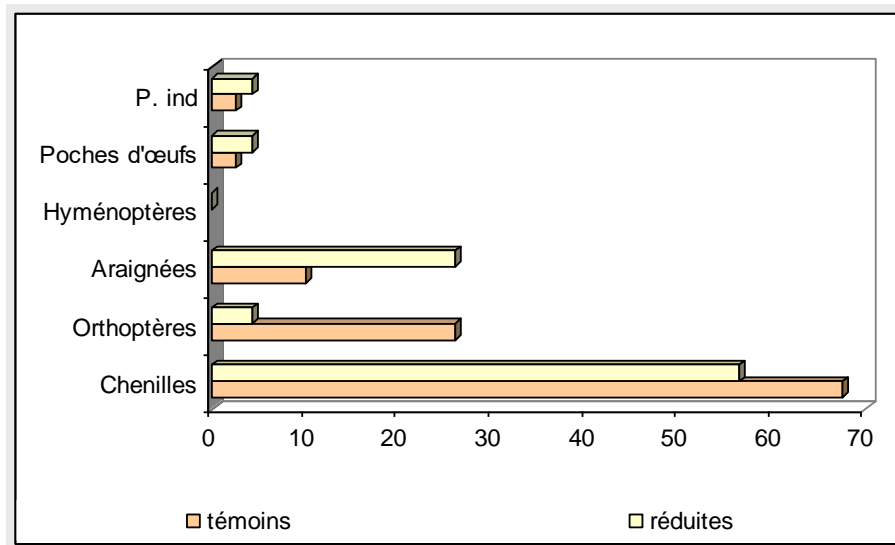


Figure 3 : Composition du régime alimentaire selon les différents ordres

III.2. Agrandissement des nichées dans la zee-naie

III.2.1. Paramètres de la reproduction

Les femelles de mésange bleue pondent en moyenne dans le zeen, le 17 avril (Tab. 4). La période de ponte est relativement courte, elle est étalée sur 18 jours. La grandeur de ponte moyenne est de 7 œufs par femelle (Tab. 4). Elle varie de 5 à 9 œufs selon les nichées. Nous avons dénombré au total, 6 pontes de 6 œufs, 3 pontes respectivement de 9 et de 7, 02 pontes de 8 œufs et 01 ponte de 5 œufs. Le nombre moyen d'œufs éclos par nichée est de 5.46 (Tab.4), il varie entre 3 et 9 œufs.

Tableau 4 : Paramètres de la reproduction de la Mésange bleue dans la zénaie
(n = nombre d'observations, m = moyenne, sd = déviation standard).

Paramètres	Moyenne		
	n	m	sd
Date de ponte	15	48.20	5.73
Grandeur de ponte	15	7.00	1.30
Œufs éclos	15	5.46	1.80

DP : 1^{er} mars = 1

III.2.1.1. Paramètres morphologiques

La masse moyenne des oisillons durant leur élevage ne varie pas entre le lot témoin et le lot agrandi. Chez les oisillons âgés de 5 jours, elle est de 5.99g dans les deux lots, chez les oisillons âgés de 10 jours, elle varie de 9.47g chez les nichées agrandies à 9.4g chez les nichées témoins (Tab.5). Enfin à 15 jours, la masse des oisillons est de 10g dans les deux lots. L'analyse statistique ne montre pas de différences significatives entre les deux lots ($T = 0.32$, $p=0.584$).

La longueur moyenne du tarse est de 16.51 mm dans les nichées témoins et de 16.18 dans les nichées agrandies (Tab.5). L'analyse statistique ne montre pas de différence significative ($T= 1.5$, $p=0.238$). La longueur moyenne de l'aile est de 63.88mm dans le lot témoin et de 61.07 mm dans le lot agrandi (Tab.5). L'analyse statistique montre une différence significative ($T= 37.08$, $p<0.05$) entre les deux lots.

III.2.1.2. Paramètres hématologiques

Le pourcentage d'hématocrite moyen est relativement élevé. Il est de 57.38% dans les nichées témoins et de 50.52% dans les nichées agrandies (Tab. 5), toutefois, il n'existe pas de différences significatives entre les deux lots ($T = 3$, $p=0.11$). En ce qui concerne le nombre de globules rouges moyen (Tab.5), il est insensiblement plus élevé dans les nichées agrandies ($5.52 \cdot 10^6/\text{ml}$) que dans les nichées témoins ($4.54 \cdot 10^6/\text{ml}$) (Tab. 5), cependant cette différence n'est pas significative ($T= 0.16$, $p = 0.69$).

III.2.1.3. Jeunes à l'envol

Le nombre moyen de jeunes envolés dans les nichées témoins est de 3.37 oisillons alors que dans les nichées agrandies, il est de 9.14 oisillons (Tab. 5), l'analyse statistique montre une différence significative ($T= 42.99$, $p<0.05$).

Tableau 5 : Paramètres morphologiques et hématologiques des oisillons dans la zénaie
(n = nombre d'observations, m = moyenne, sd = déviation standard).

Paramètres	N. témoins			N. agrandies		
	n	m	sd	n	m	sd
Masse des oisillons à J5 (g)	6	5.99	0.79	6	5.99	0.20
Masse des oisillons à J10 (g)	6	9.46	0.84	6	9.47	0.69
Masse des poussins à J15 (g)	6	9.31	1.14	6	9.94	1.00
Tarse (mm)	6	16.51	0.27	6	16.17	0.80
Aile (mm)	6	63.88	3.93	6	61.07	4.19
Hématocrite (%)	6	57.38	4.57	6	50.52	7.51
Globules rouges	6	4.54	1.63	6	5.52	3.44
Jeunes envolés (JE)	6	9.14	1.77	6	3.37	0.91

III.2.2. Fréquences de nourrissage des oisillons

La fréquence de nourrissage des poussins augmente en fonction de l'âge dans les deux lots, témoin et agrandi. Elle est néanmoins légèrement plus élevée dans les nichées témoins. En effet, la moyenne de nourrissage par heure des poussins âgés de 5 jours est de 0.875 dans le premier lot et 0.245 dans le second, celle des poussins âgés de 10 jours est respectivement de 2.07 et 1.23 et enfin celle des poussins âgés de 15 jours, est de 2.915 et 2.245 repas/oisillon/heure (Fig. 4). La comparaison des rythmes de nourrissage à différents âge, indique qu'il n'ya pas de différence significative à J5 ($T=- 2.98$, $p = 0.097$), J10 ($T=-0.91$, $p = 0.432$) et J15 ($T=- 0.34$, $p = 0.790$).

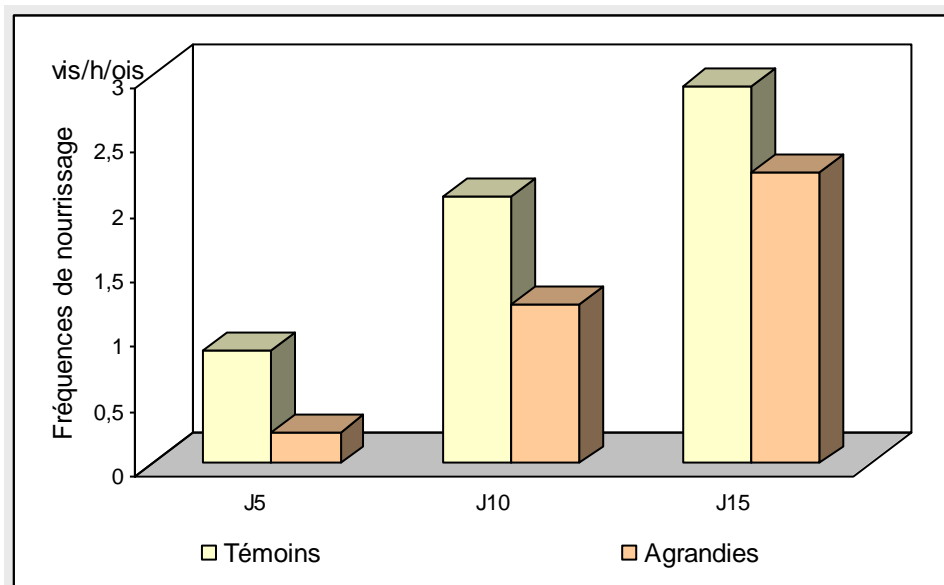


Figure 4 : Fréquences de nourrissage des poussins
Par heure et par oisillon dans les nichées témoins et agrandies

II.2.3. Composition et structure du régime alimentaire

Le régime alimentaire des poussins est dominé dans les deux lots ; témoin et agrandi, par les larves de Lépidoptères qui constituent les proies de prédilection des poussins. Elles représentent à elles seules 86% de la somme des proies dans les nichées témoins et 89% dans les nichées agrandies. Les adultes représentent 7% dans le premier lot et 11% dans le second. Enfin, les poches d'œufs avec 7% ne sont présentes que dans les nichées témoins (Fig. 5).

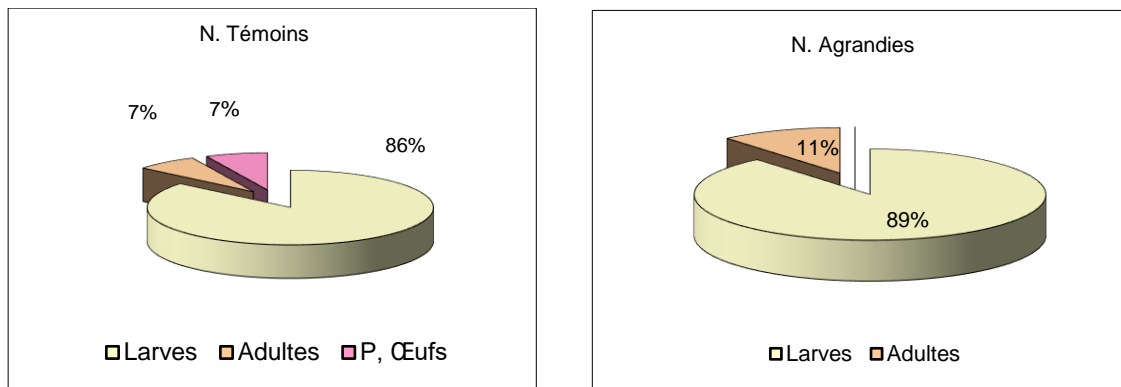


Figure 5 : proportion des différentes proies selon le stade de développement

L'analyse de la structure du régime alimentaire des poussins a révélé l'existence de 4 groupes de proies (Fig. 6). Les larves de Lépidoptères, représentées par les chenilles et les chrysalides ; constituent les principales proies avec 67.85% dans le lot témoin et 88.88% dans le lot agrandi, les Arachnides, les poches d'œufs et les indéterminées ne sont présents que dans le premier lot avec respectivement 7.14% pour les deux premiers et 17.85%, les Orthoptères sont présent dans les nichées agrandies uniquement avec 11.11%.

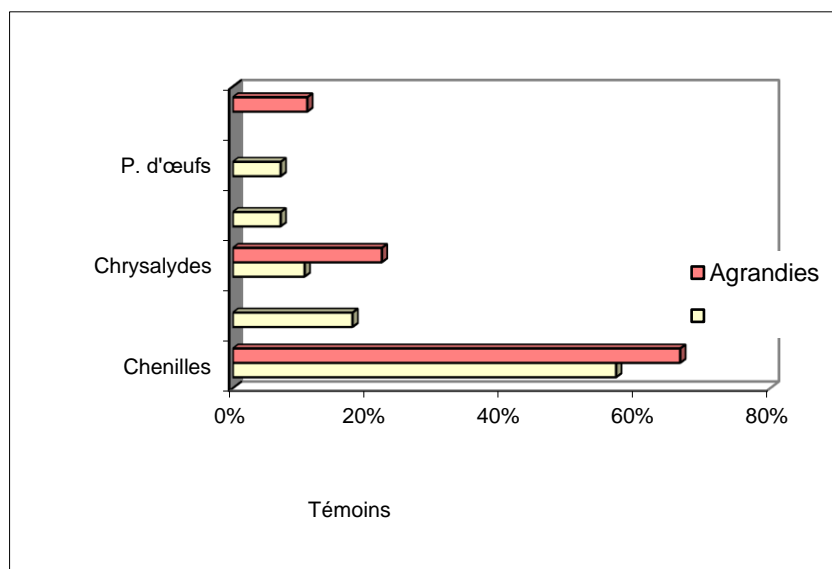


Figure 6 : Composition du régime alimentaire selon les différents ordres

IV. DISCUSSION

Les résultats obtenus sur les paramètres de la reproduction de la Mésange bleue (*Cyanistes caeruleus ultramarinus*) dans les chênaies sempervirente et caducifolié confirment la grande variabilité des traits d'histoire de vie des populations de Mésange bleue qui nichent dans le bassin méditerranéen (date et période de ponte) comparativement aux autres populations qui nichent au nord de l'aire de répartition de l'espèce (Blondel et al. 1987, Isenmann et al. 1990). Les dates de ponte varient en fonction de l'essence végétale mais également en fonction de l'altitude, dans la subéraie à basse altitude, les mésanges pondent en moyenne le 7 avril et dans le zénaie à haute altitude, elles pondent en moyenne le 17 avril, ce retard est la conséquence de l'élévation de l'altitude puisque à basse altitude, la date de ponte des mésanges est avancée dans les habitats caducifoliés en relation avec le débourrement précoce de l'essence végétale (Chabi, 1998). De plus, contrairement à 2001, la température enregistrée durant le mois de mars est relative à la saison. En Corse, la ponte tardive est mise en relation avec l'apparition non moins tardive des abondances trophiques printanières dans le Chêne sempervirent, démontrant ainsi un bon ajustement entre les deux (Zandt et al. 1990).

La manipulation expérimentale des nichées semble sérieusement affectée les conditions morpho-hématologiques des oisillons. En effet, ceux issus des nichées réduites ont un poids et un taux de globules rouges nettement plus importants que ceux issus des nichées témoins. L'effort investi par les parents pour réussir l'envol d'un maximum de poussins dans les nichées témoins est plus grand puisqu'il affecte leur qualité avant l'envol. Ainsi, la diminution de l'effort reproductif dans les chênaies sempervirentes se traduirait par l'amélioration des conditions corporelles des poussins témoignant des bonnes conditions de nourrissage. La nourriture est un facteur signifiant dans la survie des poussins de Mésange bleue. La qualité et la quantité des ressources trophiques sont cruciales pour la détermination des traits d'histoire de vie des populations de Mésange bleue (Greenwood et Hubbart 1979, Lambrechts et al. 1996). Ainsi, l'augmentation des nichées ne semble pas affecter la survie des poussins qui trouvent dans le site d'El-Ghorra des conditions d'alimentation optimales. A l'exception de de l'aile qui est plus longue chez les nichées agrandies, les autres paramètres ne sont pas significativement différents. En effet, dans ce type de chênaie, le feuillage régénère entièrement au printemps, créant ainsi des situations idéales à une production massive et précoce de chenilles défoliatrices, Le pic de disponibilité alimentaire a eu lieu en 2002 (cf. chapitre II) le 13 mai et le pic de demande de nourriture a eu lieu le 21 mai, il existe donc un bon ajustement entre la période d'élevage de petits et le maximum de disponibilité

alimentaire. En comparant nos résultats avec ceux provenant d'expériences de manipulations de la taille de nichées semblables à celle-ci, mais dans des sites différents, il est également possible de mettre en évidence l'importance de la quantité de chenilles disponibles sur les résultats. Dans un habitat riche, l'augmentation de la taille de nichée n'affecte pas la croissance des poussins (site « Muro deciduous » dans Tremblay et *al.* (2003b). À l'opposé, dans un milieu jugé encore plus contraignant que celui de la présente étude (site « Muro evergreen » dans Tremblay et *al.* (2003b), l'ajout de trois poussins entraîne une perte de masse corporelle des oisillons et non seulement un ralentissement de la croissance.

Les résultats obtenus sur les fréquences de nourrissage par heure et par oisillon montrent que ces dernières ne varient pas dans le zénaie entre le lot témoin et agrandi. La nourriture est suffisamment abondante dans ce site pour qu'il n'y ait pas de différences. Dans la subéraie par contre, les fréquences sont significativement plus importantes dans le lot réduit lorsque les oisillons sont âgés de 5 jours, l'effort parental est donc réduit et les adultes nourrissent plus les oisillons. Cependant lorsque la demande de nourriture augmente c'est-à-dire à l'âge de 10 et 15 jours, il semble que les parents nourrissent les deux lots de la même manière même si la masse des oisillons à l'envol est significativement plus importante dans les nichées réduites.

Les larves constituent la quasi totalité du régime alimentaire des poussins dans les deux habitats. Les chenilles constituent la nourriture de base des poussins spécialement durant la période d'élevage puisqu'elles ont une valeur nutritive élevée, riche en eau et en protéines et qu'elles sont faciles à avaler (Gosler 1993). Les résultats obtenus dans les deux sites ne varient pas entre les deux lots et sont conformes aux résultats obtenus par Chabi (1998) et aux observations réalisées en Europe continental et méditerranéenne (Cowie et Hinsley 1988, Zandt et *al.*, 1990). En Corse, par contre, le régime alimentaire de la Mésange bleue est constitué de faibles proportions de larves (Dias et Blondel 1996, 1994, Banbura et *al.* 1999). En Europe continentale, dans les chênaies caducifoliées, le régime alimentaire est moins diversifiés que celui de Corse dans les chênaies sempervirentes (Blondel et *al.*, 1991, Dias et Blondel 1993, Dias 1994). Dans la subéraie, les chenilles représentent en moyenne 60% (67% dans le lot réduit et 56% dans le lot témoin) du régime alors que dans la zénaie, elles représentent environ 78% (89% dans le lot agrandi et 86% dans le lot témoin). En Europe 60% du régime alimentaire est constitué de chenilles de Lépidoptères, riches en eau et en protéines, alors qu'en Corse, elles ne représentent que 20%. Ceci suggère que les habitats caducifoliés sont plus riches en proies nutritives que les habitats sempervirents où les

mésanges se contentent des proies de substitution moins riches en eau, telles que les Arachnides et les Orthoptères. Les travaux de Betts (1995), de Zandt (1997) et de Graveland et Derent (1997) montrent cependant que les mésanges ne se limitent jamais à une niche trophique exclusivement basée sur les larves de lépidoptères et qu'elles exploitent au moins 10 % d'autres catégories de proies afin d'améliorer la valeur nutritive du régime alimentaire des poussins, ce qui est conforme à nos résultats dans la mesure où les autres proies représentent d'une 11 % dans les nichées agrandies et 14% dans les témoins et d'autre part 34% dans le lot réduit et 36% dans le lot témoin.

L'hypothèse fondamentale de Lack 1947, 1954 (*in* Bouslama, 2003), stipule que le nombre d'œufs pondus correspond au nombre maximum de poussins qu'un couple peut élever avec succès. En conséquence, les femelles de Mésange des chênaies sempervirentes peuvent réussir avec succès les pontes qu'elles font puisque le nombre de jeunes à l'envol est assez important (4.40 oisillons) mais leur poids à l'envol reste assez faible. Nous supposons que la stratégie adoptée par les Mésanges consiste à réussir l'envol d'un maximum de jeunes, sachant que la mortalité des poussins durant leur première année est très importante. La zénaie d'El-Ghorra, est un milieu très favorable pour la reproduction de la mésange bleue et offre des conditions d'alimentation idéales pour les poussins et leurs parents. Or, les femelles ont des grandeurs de ponte relativement faibles par rapport à leurs homologues européennes exploitant le même type d'habitat. L'explication n'est certainement pas dans la disponibilité alimentaire puisque nous avons démontré que les femelles pouvaient élever avec succès plus de 10 poussins, mais nous pensons qu'il faudrait explorer d'autres voies relatives comme on l'a vu dans le chapitre I à la prédation et au parasitisme mais également aux changements climatiques. En effet, depuis maintenant plus d'une dizaine d'années, les recherches documentant l'impact des changements climatiques sur les individus sont très abondantes, particulièrement celles portant sur les études longitudinales de populations d'oiseaux européens (Bourgault, 2008). Des études classiques, telles que celles de Crick *et al.* (1997) ou Crick et Sparks (1999), montrent qu'au niveau des populations, la date de ponte moyenne des oiseaux est devancée, parfois de plusieurs jours, et que cette réponse est directement corrélée au réchauffement climatique observé dans les régions étudiées.

DISCUSSION GENERALE

L'ensemble de cette thèse permet de mettre en évidence l'effet de l'abondance de nourriture disponible dans l'habitat sur la reproduction de la mésange bleue. Dans un premier temps, le premier chapitre présente à la fois les principaux traits d'histoire de vie de la Mésange bleue *Cyanistes caeruleus ultramarinus* dans les habitats sempervirent et caducifolié et décrit les inter-relations qu'elle peut avoir avec les autres organismes. Le deuxième chapitre vient quantifier la biomasse des chenilles et illustrer l'effet de la qualité de l'habitat sur des aspects précis de la reproduction de la mésange bleue. Le dernier chapitre, s'intéressera à la réaction des mésanges (oisillons et parents) face à une augmentation expérimentale de la charge reproductrice (nombre de poussins à alimenter) dans l'habitat caducifolié et à une réduction de cette charge dans l'habitat sempervirent. Bien que chacun de ces chapitres contienne une discussion qui lui est propre, l'exercice de regrouper l'ensemble des conclusions dans une discussion générale procure une vision globale de cette étude, et permet de bien illustrer le lien entre les différentes parties.

L'analyse des paramètres de la reproduction de la mésange bleue dans les habitats étudiés ne nous a permis de décrire la stratégie adoptée par chacune des deux populations face aux contraintes environnementales de leurs régions. Ainsi, la date moyenne de ponte enregistrée durant cette année est pratiquement égale dans les deux sites (3 avril dans la zénaie et 4 avril dans la subéraie). Résultat improbable puisque la subéraie d'El-Ghorra est située à 900 mètres d'altitude et que généralement la date de ponte est retardée avec l'altitude (Chabi, 1998). Le débourrement du chêne zeen comme pour la plupart des essences forestières est étroitement lié à la température et si celle-ci venait à augmenter, l'éclatement des bourgeons se fera en avance. En effet, la température de l'air diminue avec l'augmentation de l'altitude et cette diminution provoque un retard dans l'apparition du maximum de disponibilité alimentaire ce qui se traduit par une ponte tardive. Ainsi, en 2001, le mois de mars a été marqué par une élévation de la température de 1,7°C par rapport à une moyenne calculée sur 13 ans (1991-2003) où la température moyenne est de 14,5°C, comprise entre 12,2°C enregistré en 1993 et 15,1°C enregistré en 1991 (données obtenues de la station météorologique d'El-Kala). Ce débourrement précoce est à l'origine de la précocité des dates de ponte. En région

méditerranéenne, elles se situent dans un gradient d'environ deux mois dont les extrêmes sont représentés par les populations espagnoles et corses. La date précoce (19 mars) est observée en Andalousie (Isenmann et *al.*, 1990) et la date tardive (11 mai) en Corse (Blondel et *al.*, 1992). En Corse, la ponte tardive est mise en relation avec l'apparition non moins tardive des abondances trophiques printanières dans le Chêne sempervirent, démontrant ainsi un bon ajustement entre les deux (Zandt et *al.*, 1990). Pour Lack (1966) et Ricklefs (1980), ce sont les particularités écoclimatiques des îles et leurs répercussions sur la distribution dans le temps des insectes dont se nourrissent les mésanges, qui sont responsables de ce retard. En Algérie, les dates de ponte sont également retardées, le 7 avril à 30 m d'altitude et le 14 avril à 500 m (Chabi, 1998), le 2 mai à 1000 m (Chabi et Isenmann, 1997), et le 6 avril dans le liège et le 22 avril dans le chêne zeen (nos propres résultats : 2002-2003).

Si la période de ponte est en relation avec l'apparition des ressources trophiques, la grandeur de ponte reflète leur abondance. Les populations de Mésange bleue qui nichent dans les formations sempervirentes ont en général de petites grandeurs de pontes. Celles-ci varient de 6 à 8 œufs que ce soit en Corse (Blondel 1985, Isenmann, et *al.*, 1990, Lambrechts et *al.*, 1997a), en Algérie (Chabi et *al.*, 1997) ou en Europe continentale (Isenmann 1987, Cramm 1982). Nos résultats montrent que la grandeur de ponte moyenne est de 6 œufs dans les deux sites, elle est inférieure à celle observée dans les chênaies caducifoliées d'Europe dont les grandeurs moyennes de ponte atteignent 10 à 12 œufs et même 14 œufs (Isenmann 1987). Ce fléchissement de la fécondité peut être interprété comme l'acquisition d'une adaptation à survivre. Ces résultats confirment la faible fécondité de la population de Mésange bleue nord africaine qui niche dans le Chêne liège à basse altitude et qui est équivalente à celle des autres populations des Chênaies vertes d'Europe continentale et méditerranéenne (Blondel & *al.* 1987, Isenmann 1987, Gil Delgado & *al.* 1992, Dias & *al.* 1994, Chabi & *al.* 1995). Ces milieux sempervirents présentent un surplus printanier modeste de ressources alimentaires pour la reproduction des oiseaux. Ce surplus apparaît tardivement dans la saison et est plus étalé dans le temps, il reflète le faible volume foliaire qui se renouvelle à chaque printemps (et dont dépend le développement des chenilles), en venant s'ajouter à un volume plus important de feuillage permanent (à utilité moindre pour les chenilles). Dans les habitats caducifoliés, par contre, le surplus alimentaire printanier est important mais élevé seulement durant un laps de temps relativement court (Blondel et *al.*, 1987; Strauss et Glück 1995). En effet, le débourrement est intégral et se fait de manière synchrone, favorisant ainsi une forte disponibilité alimentaire, qui permet aux oiseaux de mieux ajuster la période de nourrissage

des poussins à celle du maximum de disponibilité alimentaire dans le milieu. Mais la qualité de cet habitat est altérée par la durée du jour moins importante qu'en Europe tempérée, c'est-à-dire, les oiseaux disposent de moins de temps par jour pour le nourrissage des poussins. Alors, on comprendra les difficultés que rencontrent les individus qui nichent à l'extrême sud de l'aire de répartition géographique de l'espèce. Ces difficultés sont la conséquence des conditions climatiques qui influent directement sur la physiologie de l'oiseau et indirectement sur la disponibilité alimentaire. Cette dernière est considérée comme le facteur ultime dans l'évolution de la reproduction des oiseaux dans la région tempérée (Lack 1968, Immelman 1971). Or le "timing" de la reproduction chez les Mésanges présente une forte composante génétique (Von Noordwijk et *al.*, 1981, Blondel et *al.*, 1990), mais influencée principalement par la photopériode et secondairement par la température. Si en Europe continentale, la température agit sur le déclenchement de la ponte, nous supposons qu'en Algérie comme en Corse (Blondel & *al.* 1987), la température semble agir en fin de saison, limitant ainsi la saison de reproduction (moins de 1 mois). Ce facteur serait également responsable de la baisse de la fécondité puisque les travaux de Haywood (1992) ont montré l'effet néfaste de l'augmentation de la température de l'air durant la période de ponte sur la croissance folliculaire chez la Mésange bleue.

En ce qui concerne, la relation entre la disponibilité de nourriture dans l'habitat et le succès reproducteur des oiseaux, c'est-à-dire le nombre et la masse des poussins à l'envol. Les résultats confirment l'effet important de l'abondance de chenilles sur le succès reproducteur des mésanges. En effet, ces derniers indiquent que les oisillons de la zénaie ont une masse à l'envol et un nombre de globules rouges plus important que ceux issus de la subéraie, leur nombre à l'envol, n'est cependant pas variable. Ces premiers résultats suggèrent que la relation entre le succès reproducteur et l'abondance de nourriture varie selon la qualité de l'habitat. Sous des conditions pauvres, le succès reproducteur des oiseaux est directement influencé par la disponibilité de nourriture dans l'habitat. Toutefois, passé un certain seuil, les valeurs du succès reproducteur plafonnent et semblent être indépendantes des conditions d'élevage des jeunes (Tremblay, 2003). Les valeurs obtenues sur la quantification de la biomasse dans le chêne zeen sont proches de ceux trouvés dans le chêne vert en Corse et dans certains sites d'étude au Pays-Bas, et dépassent largement les valeurs indiquées dans le sud de la France et la Suisse (Dias & Blondel 1996, Tremblay et *al.* 2003). En outre, la proportion de chenilles dans l'alimentation des oisillons, les fréquences de

nourrissage, et la masse corporelle moyenne des oisillons, sont significativement plus élevés dans le chêne zeen que dans le chêne liège (Ziane 2006). Les résultats obtenus confirment ceux trouvés en Europe et selon lesquels les habitats sempervirents contiennent moins de nourriture mais plus diversifiés que les autres milieux (Blondel et al. 1991, Banbura et al. 1994, Lambrechts et al. 1997a).

La manipulation des nichées de mésange bleue par augmentation du nombre d'œufs réalisées en région méditerranéenne (Blondel & al. 1985, Gaubert 1985, Chabi 1998) montrent que cette espèce est capable d'élever un plus grand nombre de poussins qu'elle ne le fait naturellement. Ceci suppose que la Mésange bleue arrive à assurer la survie d'une nichée agrandie en dépit de la sévérité des conditions de milieu, ces résultats sont conformes aux nôtres puisque nous avons prouvé que dans le chêne zeen, les mésanges pouvaient élever davantage d'oisillons avec succès. La comparaison des résultats de plusieurs expériences de manipulation de la taille de nichée permet de visualiser cet effet potentiel de la disponibilité en nourriture dans l'habitat. Dans un premier temps, Blondel et al. (1998) a réalisé une manipulation de la taille de la nichée (+ ou - 2 poussins à 2 jours) sur une population en Corse, ils montrent que les adultes élevant des nichées agrandies produisent des jeunes plus petits et dont la fécondité sera réduite les années subséquentes. En outre, les femelles issues de nichées agrandies pondent plus tard et moins d'œufs que celles élevées dans des nichées contrôles ou réduites (Blondel et al. 1998). De plus, ils ne notent aucun effet négatif de la manipulation sur les parents, suggérant que les adultes ne compensent pas pour l'ajout de deux poussins. Par contre, dans leur étude, ils observent un effet annuel important qu'ils expliquent par les variations dans l'abondance de chenilles disponibles dans l'habitat. L'année où les chenilles se retrouvent en plus petite quantité (1990 : 82,8 mg de copros/m²/jour) est également la pire année pour ce qui est de la qualité et du nombre de poussins à l'envol, la nourriture est donc facteur limitant important.

Les résultats présentés dans cette étude permettent de tracer un portrait de la situation pour les mésanges nichant sous des conditions variables en termes d'abondance de chenilles. Dans le milieu riche, la nourriture est apparemment en surabondance et les adultes ne semblent pas contraints par ce facteur, durant l'alimentation des oisillons au nid. En effet, dans ce milieu, les adultes peuvent offrir un apport alimentaire correspondant à des conditions idéales pour les oisillons et ainsi maximiser leur croissance et leur survie peu importe le nombre de

poussins au nid. À l'opposé, dans le milieu pauvre, la reproduction de la mésange bleue semble intimement dépendante de l'abondance de nourriture disponible dans l'habitat. En effet, la manipulation de la taille de nichée a montré que les oisillons issus des nichées réduites ont une masse à l'envol et un taux de globules rouges plus importants que ceux issus des nichées témoins. Malheureusement, nous n'avons pas pu avoir suffisamment de données sur l'état des parents, celles-ci auraient pu nous aider à mesurer d'avantage l'effort parental dans les nichées manipulées et témoins. En conclusion, les résultats présentés montrent que les variations dans les traits d'histoire de vie entre les deux habitats sont principalement expliquées par la quantité de nourriture disponible dans chacun d'eux. Il existe effectivement d'importantes différences dans la phénologie des espèces d'arbres dominants, ce qui influence l'abondance de chenilles que l'on retrouve dans le milieu. Le chêne *zeen*, une espèce à feuillage décadu, renouvelle la totalité de son feuillage au printemps. À l'opposé, le chêne vert est une espèce sclérophylle dont les feuilles ont une activité photosynthétique de plusieurs années (rotation de 3 ans). Ainsi, au printemps, seulement 30 % de son feuillage est renouvelé. Ces particularités des espèces sclérophylles, comparativement aux espèces décidues ont des conséquences sur l'écologie des mésanges bleues.

Conclusion générale

L'analyse de la phénologie de reproduction a montré que les traits d'histoire de vie sont différents entre les mésanges de l'habitat sempervirent et celles de l'habitat caducifolié. Ainsi, la date de ponte est retardée dans la zénaie, la grandeur de ponte ne varie pas entre les deux habitats, la masse des oisillons ainsi que leur nombre de globules rouges sont plus élevés dans la zénaie. Le succès de la reproduction est également plus élevé dans l'habitat caducifolié. Ces résultats ont été mis en relation avec la quantité de nourriture plus importante dans le chêne zeen vu le débourrement intégral de son feuillage. A l'opposé, le chêne liège ne renouvelle chaque année que 30% de son feuillage.

Les résultats obtenus sur la quantification de la biomasse des chenilles dans les deux habitats montrent que durant les deux années d'étude la zénaie est le milieu le plus riche. En effet, nous avons enregistré en moyenne 213.01 ± 0.707 mg de crottes /m²/jour dans la subéraie et 1076 ± 61.759 mg de crottes/m²/jour dans la zénaie. Malgré cette nette différence, il semble cependant exister une bonne synchronisation entre la date de ponte des Mésanges, la période d'élevage des jeunes et le pic d'abondance des chenilles dans les deux habitats. Dans le Chêne zeen, la date de ponte moyenne est le 22 avril et le pic d'abondance des chenilles est atteint le 15 mai soit 24 jours après la date de ponte, alors que dans le chêne liège, la date de ponte moyenne est le 6 avril et le pic d'abondance des chenilles est atteint le 4 mai soit 29 jours après la date de ponte. D'une manière générale, on estime que chez les Mésanges, le pic de demande de nourriture est atteint 28 jours après la date de ponte (12 jours d'incubation, 6 jours pour la grandeur de ponte et 10 jours l'âge des poussins).

Les fréquences de nourrissage, sont plus élevées dans le chêne zeen où on enregistre 7.64 visites/heure/oisillon contre 3.72 visites/heure/oisillon dans le chêne liège. La fréquence de nourrissage est plus soutenue lorsque les poussins sont âgés de 10 jours, ce qui prouve que c'est la période la plus importante qui détermine leurs conditions à l'envol. Ces conditions sont probablement indispensables à leur survie ultérieure. Le régime alimentaire est constitué essentiellement de chenilles de Lépidoptères. 131 proies ont été récoltées dans le Chêne zeen et 64 proies dans le Chêne liège. L'analyse de la proportion des proies dans le régime

alimentaire des poussins est composée à 90.07% de larves de Lépidoptères dans la zénaie, la présence des autres items est insignifiante. Dans la subéraie, le régime alimentaire est plus diversifié, on note 64.06% de larves de Lépidoptères, 18.75% d'Araignées et 12% d'Orthoptères, un seul Hyménoptère a été par contre collecté.

La manipulation expérimentale des nichées montrent que dans le chêne zeen, l'agrandissement des nichées semble ne pas affecter le régime alimentaire des oisillons. En effet, même si les fréquences de nourrissage sont plus faibles que dans les nichées témoins, les parents la compensent par l'apport de proies plus grosses. Les chenilles de Lépidoptères sont les proies préférées des poussins de mésange dans les deux lots ; agrandi et témoin puisqu'elles sont riches en eau mais également en protéines. De plus, la mesure du nombre de globules rouges montre des taux supérieurs dans les nichées agrandies. Dans le chêne liège, la réduction expérimentale des nichées a révélé que les poussins issus des nichées réduites ont un poids et un taux de globules rouges plus importants que ceux issus des nichées témoins. Les paramètres morphométriques ne sont pas affectés par ces manipulations. Le nombre de jeunes à l'envol est cependant plus élevé dans les nichées témoins.

Les objectifs établis au début de cette étude ont été atteints. En effet, nous avons été en mesure de déterminer l'effet de l'abondance de nourriture sur la reproduction de la mésange bleue, durant la période d'élevage de poussins. Dans un premier temps, notre analyse des paramètres de la reproduction des mésanges dans les habitats sempervirent et caducifolié nous a permis de définir les traits d'histoire de vie de chacune des populations. Par la suite, la quantification de la disponibilité alimentaire a montré que la zénaie est un milieu riche par rapport à la subéraie qui est équivalent aux milieux caducifoliés de France et de Corse, nous avons ainsi démontré l'effet de l'abondance de nourriture sur le succès reproducteur. Par la suite, les différentes manipulations mises en place ont permis de mieux comprendre la relation entre la richesse du milieu et la survie des oisillons. En effet, la manipulation de la taille de nichée a permis de confirmer et d'expliquer partiellement les hypothèses émises à partir de l'analyse des traits d'histoire de vie. En conséquence, la principale conclusion de cette recherche serait que, dans un milieu pauvre, les variations dans l'abondance de nourriture disponible affectent directement le succès reproducteur des mésanges, alors que, passé un certain seuil, le succès reproducteur des mésanges devient indépendant de la disponibilité en nourriture. Pour les mésanges, les stratégies de reproduction sont dépendantes de la disponibilité alimentaire propre à chaque habitat. Chaque population est adaptée aux

conditions locales de la subéraie et de la zénaie. Ainsi, si d'une manière générale les paramètres morphologiques et hématologiques sont plus importants chez les mésanges nichant dans le chêne zeen, les Mésanges bleues algériennes sont capables d'ajuster leur période de reproduction dans les deux habitats distincts contrairement aux européennes où l'ajustement est meilleur dans les habitats caduques. Il s'agirait donc d'une plasticité phénotypique adaptative des populations et les mésanges de la zénaie pourraient provenir de lignées génétiques adaptées au chêne liège.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARRIERO E., SANZ J. J., ROMERO-PUJANTE M. 2006. Habitat structure in Mediterranean deciduous oak forests in relation to reproductive success in the Blue Tit *Parus caeruleus*. *Bird Study* 53: 12-19.
- BANBURA J., BLONDEL J., GALAN M.J., et MAISTRE M. 1994. Nestling diet variation in an insular Mediterranean population of blue tits *Parus caeruleus* - effects of years, territories and individuals. *Oecologia* 100:413-420.
- BANBURA J., LAMBRECHTS M. M., BLONDEL J., PERRET P., CARTAN-SON M. 1999. Food handling time of Blue Tit chicks : constraints and adaptation to different prey types. *J. Avian Biol.* 30 : 263-270.
- BANBURA J., PERRET P., BLONDEL J., THOMAS D. W., CARTAN-SON M., LAMBRECHTS M. M. 2004. Effects of *Protocalliphora* parasites on nestling food composition in Corsican Blue Tits *Parus caeruleus*: consequences for nestling performance. *Acta Ornithol.* 39: 93-103.
- BAOUAB R. E., THEVENOT M., AGUESSE P. 1986. Dynamique des populations de la Mésange bleue *Parus caeruleus* en chênaies de Mamora et du Moyen Atlas. *Bull. Institut Scientifique Rabat*, 10 : 165-183.
- BARBAULT R. (1995). *Ecologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère.* (eds). Masson. Paris
- BENYACCOUB S., LOUANCHI M., BENHOUBOU S., BABA AHMED R., CHALABI B., ZIANE, ROUAG R., et HAOU F., 1998: Plan directeur du Parc National d'El-Kala. 100p.
- BENYACCOUB S. & CHABI. Y. 2000. Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala. *Numéro spécial juin. Publication de Univ. Annaba.*
- BETTS M. M. 1955. The food of titmice in oak woodlands. *J. Anim. Ecol.* 54: 531-556.
- BLONDEL J., et ISENMANN P. 1979. Insularité et démographie des Mésanges du genre *Parus* (Aves). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 289, 161-164.
- BLONDEL J. 1985. Breeding strategies of the blue tit and coal tit (*Parus*) in mainland and island Mediterranean habitats: a comparison. *J. Anim. Ecol.* 54:531-556.

- BLONDEL J., GAUBERT H., & CORMAN A. 1985. Les mécanismes régulateurs de l'investissement dans la reproduction chez la mésange bleue (*Parus caeruleus* L. (Aves) en milieu insulaire. *C. R. Acad. Sci. Paris*. 300 : 673-678.
- BLONDEL J. 1986. Biogéographie évolutive. (eds) Masson. Paris.
- BLONDEL J., CLAMENS P., CRAMM P., GAUBERT H. et ISENMANN P. 1987. Population studies on tits in the Mediterranean region. *Ardea* 75:21-34.
- BLONDEL J., DERVIEUX A., MAISTRE M., et PERRET P. 1991. Feeding ecology and life history variation of blue tit in Mediterranean deciduous and sclerophyllous habitats. *Oecologia* 88:9-14.
- BLONDEL J. DERVIEUX A. MAISTRE M. & PERRET P. 1991a. Feeding ecology and life history variation of the blue Tit in Mediterranean deciduous and sclerophyllous habitats. *Oecologia* 88: 9-14.
- BLONDEL J. DIAS P., MAISTRE M. et PERRET P. 1993. Habitat heterogeneity and life-history variation of Mediterranean blue tits (*Parus caeruleus*). *Auk* 110:511-520.
- BLONDEL J., MAISTRE M., PERRET P., HURTREZ-BOUSSES, S. & LAMBRECHTS, M.M (1998). Is the small clutch size of a Corsican blue tit population optimal ? *Oecologia* 117: 80-89.
- BLONDEL J., DIAS P. C., PERRET P., MAISTRE M., LAMBRECHTS M. M. 1999. Selection-based biodiversity at a small spatial scale in a low-dispersing insular bird. *Science* 285: 1399-1402.
- BLONDEL J., THOMAS D.W., CHARMANTIER A., PERRET P., BOURGAULT P., LAMBRECHTS M. M. 2006. A thirty-year study of phenotypic and genetic variation of Blue Tits in Mediterranean habitat mosaics. *BioScience* 56: 661-673.
- BOURGAULT P. 2008. Variation phénotypique de l'époque de reproduction chez la mésange bleue (*Cyanistes caeruleus*) en région méditerranéenne. Thèse. Uni. Montp. 168p.
- BOUSLAMA Z., CHABI Y., LAMBRECHTS M. M. 2001. Chicks resist high parasite intensities in an Algerian population of Blue Tits. *Ecoscience* 8: 320-324.
- BOUSLAMA Z., LAMBRECHTS M. M., ZIANE N., DJENIDI R., CHABI Y. 2002. The effect of nest ectoparasites on parental provisioning in a north-African population of the Blue Tit *Parus caeruleus*. *Ibis* 144 (on-line): E73-E78.
- BOUSLAMA, Z. 2003. Bioécologie d'une population de Mésange bleue dans les subéraies de plaine du Nord-est algérien : Ecologie alimentaire et impact de la charge parasitaire sur les conditions morphologiques et physiologiques des poussins. Thèse de doctorat. Univ Annaba. 103p.
- BUREAU NATIONAL DES ETUDES FORESTIERES 1984. Recensements et analyse des potentialités du milieu naturel et humain. Ed BNEF, Blida.

- BUSE A., DURY S. J., WOODBURN R. J. W., PERRINS C. M., GOOD J. E. G. 1999. Effects of elevated temperature on multiplespecies interactions: the case of Pedunculate oak, winter moth and tits. *Funct. Ecol.* 13: 74–82.
- CARO S.P., LAMBRECHTS M.M., BALTHAZART J., et PERRET P. 2007. Non-photoperiodic factors and timing of breeding in blue tits: Impact of environmental and social influences in seminatural conditions. *Behav. Process.* 75, 1-7.
- CHABI, Y., P. ISENMANN, S. BENYACOUB, et B. SAMRAOUI. 1995. Breeding ecology of the North-African blue tit (*Parus caeruleus ultramarinus*) in two semi-evergreen oak forests in Algeria. *Revue d'Écologie - La Terre et la Vie* 50:133-140.
- CHABI Y. et ISENMANN P. (1997). La reproduction de la Mésange bleue *Parus caeruleus ultramarinus* dans les subéraies *Quercus suber* à différentes altitudes en Algérie. *Alauda*, 1 : 13-18.
- CHABI Y. 1998. Etude de l'écologie de la reproduction des populations de Mésanges (*Parus*) dans les chênaies du Nord Est de l'Algérie. Thèse de doctorat (1998). Univ. d'Annaba. 197 pp.
- CHABI Y., BENYACOUB S., et BANBURA J. 2000. Egg-size variation in Algerian populations of the Blue Tit (*Parus caeruleus ultramarinus*): effects of altitude and habitat. *Rev. Ecol.-Terre Vie.* 55, 183-192.
- CHARMANTIER A. (2000). Divergences adaptatives et structuration génétique chez la mésange bleue (*Parus caeruleus*) en Corse. Mémoire de DEA (Diplôme d'Études Approfondies), Université Montpellier II, Montpellier.
- CHARMANTIER A., KRUK L.E.B., et LAMBRECHTS M.M. (2004b). Parasitism reduces the potential for evolution in a wild bird population. *Evolution* 58, 203-206.
- CHARMANTIER, A., MC CLEERY R.H., COLE, L.R., PERRINS C., KRUK L.E.B., et SHELDON B.C. 2008. Adaptive phenotypic plasticity in response to climate change in a wild bird population. *Science* 320, 800-803.
- CHARNOV, E. L. et J. R. KREBS. 1974. On clutch size and fitness. *Ibis* 116:217-219.
- CLAMEN A. 1988. Déterminants écologiques de la date de ponte et de la grandeur de ponte de la mésange bleue (*Parus caeruleus*) : Le cas de la chênaie de Chênes verts. *Ph. D. dissertation, Univ. Montpellier. France.*
- CLAMENS A., CRAMM P. et ISENMANN, P. 1987. Modalités de reproduction et ressources alimentaires : le cas des Mésanges (Aves, Paridae) dans les chênaies du Languedoc. Actes du coll. Nat. du C.N.R.S. Biologie des populations. Lyon, 4-6 sept., 1986.
- CODY M. L. 1966. A general theory of clutch size. *Evolution* 20: 174-184.

- CODY M. L. 1971. Ecological aspects of evolution. In *D. S. Farner et J. R. J. King, eds, Avian Biology I. Academic. Press. New York and London*, p : 461-512.
- COMBES C. 1995. Interactions durables. Ecologie et Evolution du parasitisme. Masson, Paris.
- COWIE, R. J. & HINSLEY S. A. (1988). Feeding ecology of great Tits (*Parus major*) and Blue Tits (*Parus caeruleus*) breeding in suburban gardens. *J. Anim. Ecol.*, 57 : 611-626.
- CRAMM P. 1982. La reproduction des Mésanges dans une chênaie verte du Languedoc. *L'Oiseau et R. F. O.*, 52 : 347-360.
- CRAMP S. et PERRINS C..M. 1993. Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa. Vol VII. Flycatchers to Shrikes. Oxford University Press, Oxford, 584 p.
- CRICK H.Q.P., DUDLEY C., GLUE D.E., et THOMSON D.L. 1997. UK birds are laying eggs earlier. *Nature* 388, 526.
- CRICK, H.Q.P., et SPARKS T.H. 1999. Climate change related to egg-laying trends. *Nature* 399, 423-424. *D. E. A. Université. Lyon I.*
- DADCI W. 2005. Etude de la structure génétique de deux populations de Mésange bleue *P. caeruleus ultramarinus* dans le Nord-Est algérien. Thèse de magistère. Univ. Annaba.
- DAWSON, A., KING, V.M., BENTLEY, G.E., et BALL, G.F. 2001. Photoperiodic control of seasonality in birds. *J. Biol. Rhythm.* 16, 365-380.
- DE BELAIR G. 1990. Structure, fonctionnement et perspective de gestion de 4 Éco-complexes lacustres et marécageux (El-Kala, est algérien). *Thèse de doctorat, Univ. de Montpellier II, tomes Tableaux et Figures, tome textes pp*, 193.
- DHONT A. A., ADRIAENSEN F., MATTHYSEN E., KEMPENAERS B. 1990. Nonadaptive clutch sizes in tits. *Nature* 348: 723-725.
- DIAS P. Adaptation et maladaptation des Mésanges bleues dans les mosaïques d'habitats méditerranéens : l'hypothèse source-puits (1994). Thèse d'université. Univ. Montpellier II. P232.
- DIAS P. C., MEUNIER F., BELTRA. S., et CARTAN-SON M. 1994. Blue tits in Mediterranean habitat mosaics. *Ardea* 82:363-372.
- DIAS P.C. & BLONDEL J. 1996 a. Breeding time, food supply and fitness components in Mediterranean Blue tits. *Ibis* 138 : 644-649.
- DIAS P.C., VERHEYEN G.R., et RAYMOND M. 1996. Source-sink populations in Mediterranean blue tits: evidence using single-locus minisatellite probes. *J. Evolution. Biol.* 9, 965-978.
- FAIVRE B. 1986. Régime alimentaire des petits passereaux insectivores.

- FARGALLO J. A., JHOSTON R. D. 1997. Breeding biology of the Blue Tit *Parus caeruleus* in a Montane Mediterranean deciduous forest: the interaction of latitude and altitude. *J. rnhthol.* 138: 83–92.
- FARGALLO J. A., MERINO S. 2004. Brood size manipulation modifies the intensity of infection by haematozoa in female Blue Tits *Parus caeruleus*. *Ardea* 87: 261–268.
- FLORET C., GALAN M. J., le FLOC'H E., LEPRINCE, F. et ROMANE, F. 1989. In plant phenomorphological studies in Mediterranean type ecosystems (*G. Orshan, Eds*). *Kluwer Academic Publishing, Dordrecht. The Netherlands* .Pages : 9-97
- FORBES M.R.L. 1993. Parasitism and host reproductive effort. *Oikos*, 67: 444-450.
- GARCIA-DEL-REY E., CRESSWELL W., PERRINS C. M., GOSLER A. G. 2006. Variable effects of laying date on clutch size in the Canary Island Blue Tits (*Cyanistes teneriffae*). *Ibis* 148:564–567.
- GAUBERT H. 1985. Etude comparée de la croissance pondérale des jeunes de deux populations de mésanges bleues, *Parus caeruleus* L., en Corse et en Provence : augmentation expérimentale de la taille des nichées corses. *Acta Oecologica. Oecol. Gener.*, 6 (4) : 305-316.
- GEER T. (1982). The selection of tits *Parus* spp. by sparrowhawks. *Ibis* 124:159–167
- GIL DELGADO J. A., LOPEZ J. et BARBA E. 1992. Breeding ecology of the Blue Tit *Parus caeruleus* in eastern Spain : a comparison with other localities with special reference to Corsica. *Ornis Scandinavica*, 23 : 444-450.
- GOSLER A., LEBRETON J. D. MC CLEERY R. (eds). Population biology of passerine birds: an integrated approach. Springer-Verlag, Berlin, pp. 121–130.
- GOTMARK F., OLSSON J 1997 Artificial colour mutation: do red-painted great tits experience increased or decreased predation? *Anim Behav* 53:83–91
- GOTMARK F. 2001. Predation by sparrowhawks favours early breeding and small broods in great tits. *Oecologia* (2002) 130:25–32.
- GOTMARK F. 2002. Predation by sparrowhawks favours early breeding and small broods in great tits. *Oecologia* 130, 25-32.
- GRAVELAND J. and DRENT R.H. 1997. Calcium availability limits breeding success of passerines on poor soils. *J. Anim. Ecol* 66:279–288.
- GREENWOOD, J. G. D. et HUBBART, S. F. (1979). Breeding in Blue Tit in relation to food supply. *Scott. Birds*, 10 : 268-271.
- GRIECO F. 1999. Prey selection in Blue Tits *Parus caeruleus* as a response to food levels. *Acta Ornithol.* 34: 199–203.

- GRIECO F., VAN NOORDWIJK A.J. et VISSER M.E.. 2002. Evidence for the effect of learning on timing of reproduction in blue tits. *Science* 296:136-138.
- HAYWOOD S. (1992). Role of extrinsic factors in the control of clutch size in the Blue Tit (*Parus caeruleus*). *Ibis* 135: 79-84.
- HEIM DE BALSAC H. et MAYAUD N. 1962. Oiseaux du Nord Ouest de l'Afrique. *Lechevalier, Paris*.
- HURTREZ-BOUSSES S., PERRET P., RENAUD F., BLONDEL J. 1997. High blowfly parasitic loads affect breeding success in a Mediterranean population of Blue Tits. *Oecologia* 112: 514-517.
- HURTREZ-BOUSSES S., BLONDEL J., PERRET P., FABREGUETTES J., RENAUD F. 1998. Chick parasitism by blowflies affects feed North-African Blue Tits and habitat richness 169 ing rates in a Mediterranean population of Blue Tits. *Ecol. Lett.* 1: 17-20.
- HURTREZ-BOUSSES S., PERRET P., BLONDEL J., GALA, M.-J., et RENAUD F. 2000. Effects of ectoparasites of young on parents' behaviour in a Mediterranean population of blue tits. *J. Avian Biol.* 31, 266-269.
- IMMELMANN K. 1971. Ecological aspects of periodic reproduction. In *Farner, D. S. et King, J. R. (eds). Avian Biology, vol. 1 Academic Press, New York and London*, pp. 341-389.
- ISENMANN P. 1987. Geographical variation in clutch size: the example of the Blue Tit (*Parus caeruleus*) in the mediterranean area. *Vogelwarte* 1987, 34 : 93-99.
- ISENMANN P. CRAMM P. et CLAMENS A. 1987. Etude comparée de l'adaptation des mésanges du genre *Parus* aux différentes essences forestières du Bassin méditerranéen occidental. *Rev. Ecol., Suppl.* 4 : 17-25.
- ISENMANN P., ALES, E., & MORENO, O. 1990. The timing of breeding and clutch size of Blue Tits (*Parus caeruleus*) in an evergreen Holm oak habitat in Southern Spain. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 45 : 177-181.
- JULLIARD R., MC CLEERY R. H., CLOBERT J., PERRINS C. M. 1997. Phenotypic adjustment of clutch size due to nest predation in the great tit. *Ecology* 78: 394-404.
- LACK D. (1954). The natural regulation of animal numbers. *Clarendon Press. Oxford*
- LACK D. 1968. Ecological adaptations for breeding in birds. (London: Methuen).
- LAMBRECHTS M. Blondel, J., Hurtrez-Bousses, S., Maistre, M., Perret, P. (1997). Adaptive inter-population differences in blue life-history traits on Corsica. *Evol. Ecol.* 11: 599-612.

- LAMBRECHTS M.M., BLONDEL J., HURTREZ-BOUSES S., MAISTRE M., et PERRET P. 1997a. Adaptive inter-population differences in blue tit life-history traits on Corsica. *Evol. Ecol.* 11, 599-612.
- LAMBRECHTS M.M., BLONDEL J., MAISTRE M., et PERRET P. 1997b. A single response mechanism is responsible for evolutionary adaptive variation in a bird's laying date. *P. Natl. Acad. Sci. USA.* 94, 5153-5155.
- LAMBRECHTS M. M., PERRET P. 2000. A long photoperiod overrides non-photoperiodic factors in Blue Tits' timing of reproduction. *Proc. R. Soc. Lond. B* 267: 585-588.
- LAMBRECHTS M. M., CARO S., CHARMANTIER A., GROSS N., GALAN M.-J., PERRET P., CARTON-SON M., DIAS P. C., BLONDEL J., THOMAS D. W. 2004. Habitat quality as a predictor of spatial variation in Blue Tit reproductive performance: a multiplot analysis in a heterogeneous landscape. *Oecologia* 141: 555-561.
- LEVINS R. (1968). Evolution in changing environments. *Princeton Univ. Press, Princeton, N. J.*
- LOYE J. E., ZUK M. (eds). 1991. Bird-parasite interactions: Ecology, Evolution and Behaviour. Oxford Ornithology Series. Oxford Univ. Press.
- MARRE A. 1987. Etude géomorphologique du Tell oriental algérien de Collo à la frontière tunisienne. *Univ. Aix -Marseille II. U.E.R de Géographie*, 559 p + cartes.
- MARTIN T. E. 1987. Food as a limit on breeding birds: a life-history perspective. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18: 453-487.
- MASSA B., LO VALVO F., MARGAGLIOTA B., LO VALVO M. 2004. Adaptive plasticity of Blue Tits (*Parus caeruleus*) and great tits (*Parus major*) breeding in natural and semi-natural insular habitats. *Ital. J. Zool.* 71: 209-217.
- MINCHELLE D.J., SCOTT, M.E. 1991. Parasitism – A cryptic determinant of animal community structure. *Trends Ecol Evol* 6 (8) : 250-254.
- MOALI A., Akil M. & Isenmann, P. Modalités de la reproduction de deux populations de Mésange bleue (*Parus caeruleus ultramarinus*) en Algérie (1992). *Rev. Ecol.* 47 : 313-318.
- MOLLER A.-P. 1997. Parasitism and the evolution of host life-history. In D.H. Clayton and J. Moore (eds). *Host-parasite evolution: general principles and avian models*: 105-127. Oxford: Oxford University Press.
- NAEF-DAENZER, B. et KELLER L.F. 1999. The foraging performance of great and blue tits (*Parus major* and *P. caeruleus*) in relation to caterpillar development, and its consequences for nestling growth and fledging weight. *J. Anim. Ecol.* 68:708-718.
- NAGER R.G., VAN NOORDWIJK A.J. 1995. Proximate and ultimate aspects of phenotypic plasticity in timing of great tit breeding in a heterogeneous environment. *Am Nat* 146:454-474.

RESUME

La comparaison de la phénologie de reproduction de la Mésange bleue entre un habitat sempervirent situé à basse altitude et un autre caducifolié situé à haute altitude a révélé que la masse des oisillons ainsi que le nombre de leurs globules rouges sont plus élevés dans le second habitat. Le succès de la reproduction est également plus élevé dans l'habitat caducifolié. Ces résultats ont été mis en relation avec la quantité de nourriture plus importante dans le chêne zeen. Les résultats obtenus sur la quantification de la biomasse des chenilles montrent que le pic d'abondance est tardif et plus important dans la zénaie est le milieu le plus riche. Les fréquences de nourrissage, sont aussi plus élevées. Le régime alimentaire est constitué essentiellement de chenilles de Lépidoptères dont les proportions sont plus élevées dans la zénaie. La manipulation expérimentale des nichées montrent que dans le chêne zeen, l'agrandissement des nichées n'affecte pas la masse des oisillons ainsi que leur régime. Dans le chêne liège, la réduction expérimentale des nichées a révélé que les poussins issus des nichées réduites ont un poids et un taux de globule rouge plus important que ceux issus des nichées témoins.

Mots clés : Mésange bleue, reproduction, El-Kala, habitat, alimentation

ABSTRACT

The comparison of the breeding of reproduction of the Blue tit between a high-altitude semi-evergreen zeen oak versus low-altitude evergreen cork oak.habitat sempervirent and another caducifolié revealed that the mass of the fledglings as well as the number of their red globules are raised more in the second habitat. The success of reproduction is also more elevated in the habitat caducifolié. These results have been put in relation with the quantity of more important food in the oak zeen. The mean peak caterpillar frass fall was higher and occurred consistently later in the zeen oak than in the cork oak patch. Feeding frequencies were consistently higher in the zeen oak patch than in the cork oak patch. We should find a higher proportion of caterpillars in the chicks' diet in the zeen oak than in the cork oak patch. The experimental manipulation of the nests shows that in the zeen oak, the enlarging of the nests doesn't affects the mass of the fledglings as well as their diet. In the cork oak, the experimental reduction of the nests revealed that the chicks of the reduced nests have a weight and a rate of more important red globule than those of the control nests.

Keywords: Blue tit, reproduction, El-Kala, habitat, feeding

الملخص

كشفت المقارنة بين فينولوجيا تكاثر طائر الحسون الأزرق بين موطن دائم الخضرة على ارتفاع منخفض وموطن نفضي على ارتفاع عالٍ أن كتلة الفراخ وعدد خلايا الدم الحمراء كانت أعلى في الموطن الأخير. كما كان نجاح التكاثر أعلى في الموطن النفضي. وقد ارتبطت هذه النتائج بكمية أكبر من الغذاء في بلوط الزين. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها بشأن القياس الكمي للكتلة الحيوية لليرقات أن ذروة الوفرة كانت متأخرة وأكبر في غابة الزين، وهي البيئة الأغنى. كما أن ترددات التغذية كانت أعلى أيضًا. ويتكون النظام الغذائي بشكل رئيسي من يرقات اليسروع من ذوات الأجنحة التي تكون نسبتها أعلى في غابة الزينة. تظهر المعالجة التجريبية للحضانات أنه في بلوط الزيناي، لا يؤثر تكبير الحضنة على كتلة الفراخ أو نظامها الغذائي. أما في بلوط الفلين، فقد كشف التصغير التجريبي للأعشاش في بلوط الزيناي أن الفراخ من الأعشاش المصغرة كان وزنها أكبر وعدد خلايا الدم الحمراء أعلى من تلك التي كانت في الأعشاش الضابطة

الكلمات المفتاحية: القرقف الأزرق، التكاثر، القالة، البيئة، التغذية