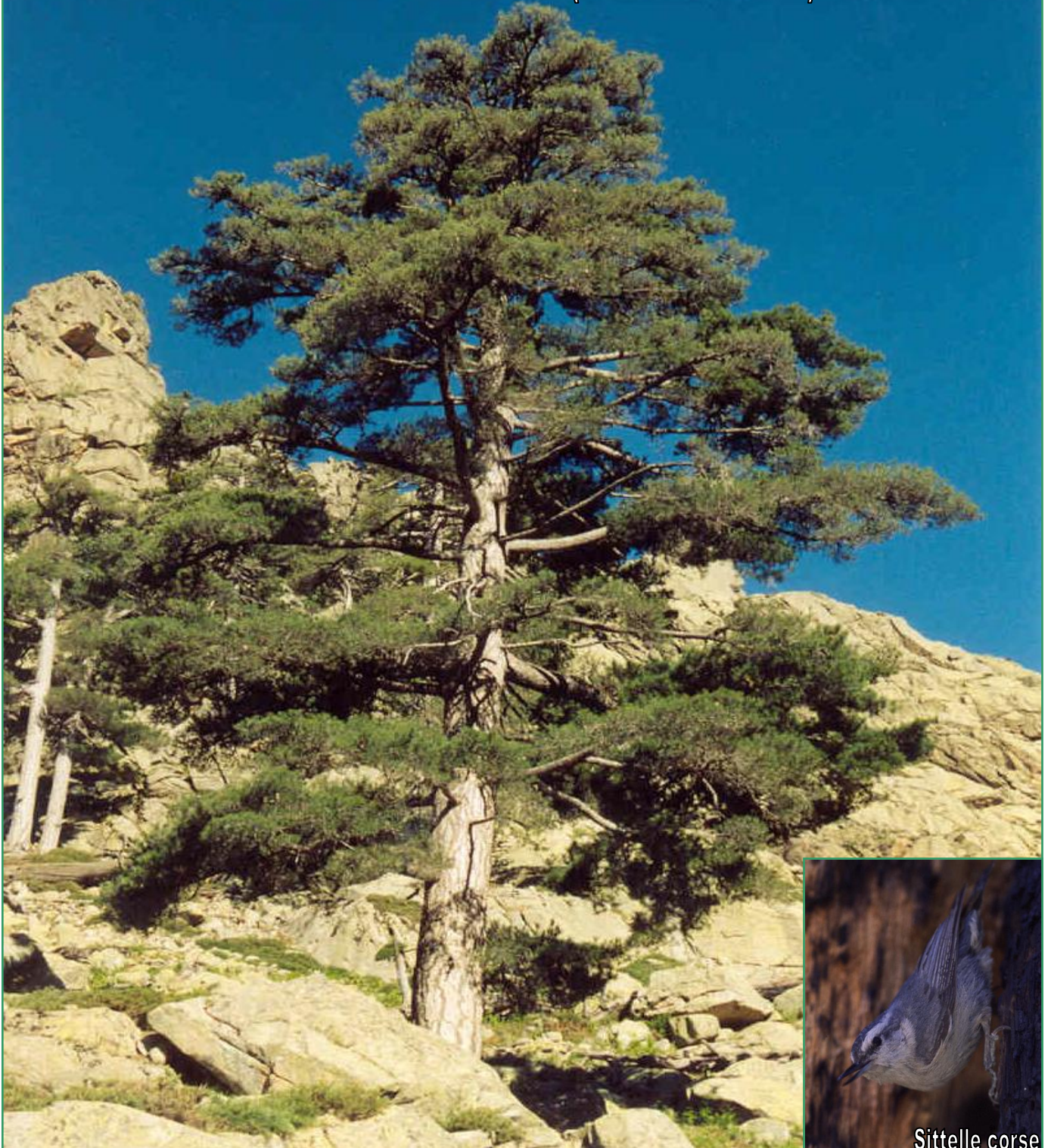


ETUDE SUR LA FRUCTIFICATION DU PIN LARICIO (*Pinus nigra laricio*)
COMME RESSOURCE ALIMENTAIRE HIVERNALE
DE LA SITTELE CORSE (*Sitta whiteheadi*)



Sittelle corse

Présenté par MONEGLIA PASOUALE

Résumé

En Corse, le pin laricio occupe 45000 ha en peuplements mixtes et 21000 en futaies pures. La sittelle corse a un effectif de 2000-3000 couples et est dépendante de « l'habitat pin laricio ».

L'objectif de notre travail est d'étudier la fructification du pin laricio comme ressource alimentaire hivernale de la sittelle corse et ainsi, appréhender la disponibilité des graines.

Cette étude à montré que :

- ↻ Les productions de cônes des forêts d'Ascu, Valdoniellu, Vizzavona et Poggio di Nazza–Petrapiana étaient comparables pour l'hiver 2002/2003,
- ↻ Les productions de cônes d'Ascu ont varié au cours des années 2000, 2001 et 2002,
- ↻ La production de cônes augmente avec le diamètre des pins, se sont les plus gros arbres qui produisent le plus de cônes et donc de graines,
- ↻ La qualité des graines est indépendante du diamètre des pins,
- ↻ La proportion de cônes ouverts varie au cours de l'hiver,
- ↻ L'ouverture des cônes est influencée par les conditions d'hygrométrie et de température.

La production de cônes des pins laricio est particulièrement influencée par les conditions environnementales. Les pins présenteraient une production de cônes importante quand les facteurs du milieu sont propices à l'accomplissement du cycle de développement.

La sittelle corse, dépendante des graines de pins laricio comme ressource alimentaire hivernale, s'adapte à la disponibilité des graines. Mais lors d'une faible production annuelle de cônes, la survie des sittelles est en danger ainsi que la période de reproduction qui peut se voir retardée.

Mots-clés :

Forêt, cône, graine, conifère, *Pinus nigra* subsp. *laricio* var. *corsicana*, *Sitta whiteheadi*.

I. INTRODUCTION BIBLIOGRAPHIQUE

A. OBJECTIF DE L'ETUDE

Le pin laricio est une essence forestière endémique de Corse (42°N, 9°E, Méditerranée occidentale) qui forme un habitat privilégié pour l'avifaune. Tous les oiseaux typiquement forestiers de l'île y sont rencontrés et vingt-neuf espèces s'y reproduisent, ce qui constitue un record, comparé aux autres essences forestières insulaires (Gauthier, 2002).

Peu d'espèces passent toute l'année dans ces forêts réparties entre 600 et 1800 m d'altitude (Gauthier, 2002), nombreuses sont celles qui migrent vers le sud ou à des altitudes inférieures, pour échapper aux conditions difficiles de l'hiver. Les oiseaux sédentaires ont su s'adapter à la rudesse du climat et à la raréfaction des invertébrés, en se nourrissant de graines, riches en lipides et protéines, fournies par la pinède. C'est le cas de la sittelle corse, oiseau endémique, dont l'habitat principal est le pin laricio (Brichetti & Di Capi, 1985 ; Löhrl 1960, 1961 ; Thibault *et al.* 2002), dans lequel, elle s'est adaptée à la disponibilité de leurs semences en réalisant des caches de graines. Quand les cônes sont ouverts, elle récolte et cache les graines dans les fissures du bois, dans les écorces sur les branches et les troncs. Ces réserves permettent à la sittelle de disposer constamment d'une ressource alimentaire abondante et facile d'accès durant l'hiver.

Entre le pin laricio et la sittelle corse, on parle de commensalisme au profit de l'oiseau, dépendant de cet habitat durant l'ensemble de l'année (Thibault *et al.*, 2002). La sittelle corse est très attachée aux vieux peuplements, dans lesquels, on observe les plus fortes densités. C'est en période hivernale, que la relation avec le pin est primordiale pour la sittelle corse, strictement dépendante de la disponibilité des graines, pour sa survie. La fructification du pin laricio est donc d'une importance capitale, mais cette fructification, se traduisant par une production annuelle en cônes et en graines, est-elle constante entre les années et les forêts? La qualité et la quantité des graines varient-elles entre les cônes, les arbres et les peuplements? Et l'ouverture des cônes, comment se réalisent-elles et qu'elles sont les facteurs entrant en jeu? L'objectif de cette étude, est de décrire la disponibilité des graines de pin laricio pour la sittelle corse, en période hivernale.

B. LA SITTELLE CORSE (*Sitta whiteheadi*, Sharpe, 1883)

1. Classification : La sittelle corse est un oiseau appartenant à l'ordre des passériformes, à la famille des sittidés qui regroupe 21 espèces, réparties en Eurasie, Amérique du Nord et Afrique du Nord (Harrap & Quinn 1996).

2. **Description :** C'est un oiseau d'une douzaine de centimètres, de coloration générale gris-bleu, un bec long et fin, des pattes trapues et une queue courte lui permettant de descendre les troncs la tête en bas. Le mâle se distingue de la femelle par une calotte noire (Peterson, 1994).

3. **Nidification :** C'est une espèce cavicole nichant exclusivement dans des arbres morts ou des parties mortes dont le bois est vermoulu et assez tendre pour y forer une loge. Les femelles pondent entre trois et six œufs dès la mi-avril. L'incubation est de 14 jours et la durée de séjour des jeunes au nid de 20 jours en moyenne (Villard & Thibault, 2001).

4. **Répartition :** Endémique à l'île de Corse son effectif est estimé à 2000-3000 couples (Brichetti & Di Capi, 1987). Elle vit dans l'intérieur de l'île entre 600 et 1700 m d'altitude, aux étages de végétation supra-méditerranéen et montagnard (Gamisans, 1999), dans les forêts de pins le long de la chaîne centrale de l'île, depuis les forêts de Melaja-Tartagine au nord, jusqu'à l'Ospedale au sud et dans deux petits massifs isolés, la Castagniccia et la Montagne de Cagna (Thibault & Bonaccorsi, 1999). On la trouve principalement dans les pins laricio (Brichetti & Di Capi, 1985 ; Löhrl 1960, 1961 ; Thibault *et al.* 2002), essentiellement dans les vieux peuplements et absente ou en faible densité dans les massifs de pins maritimes (*Pinus pinaster*) et de sapins pectinés (*Abies alba*) (Thibault *et al.*, 2002).

5. **Comportement alimentaire :** Oiseau sédentaire, la sittelle corse se nourrit de petits invertébrés au printemps et en été (Cramp & Perrins 1993 ; Löhrl 1960, 1961 ; Perrin de Brichambaut 1989) et essentiellement de graines de pins en hiver, dans la mesure, où les cônes sont ouverts. La sittelle adopte un comportement de type « scatterhoarder » (Matthyssen, 1998), c'est-à-dire qu'elle récolte et cache les graines dans les fissures du bois, les écorces des troncs et des branches. Les graines du pin laricio, ayant une coque plus fine et facile à rompre, sont préférées à celles du pin maritime (Thibault *et al.*, 2002). La disponibilité des graines de laricio pendant la période hivernale constitue un facteur déterminant pour la sittelle corse.

C. LE PIN LARICIO DE CORSE (*Pinus nigra* subsp *laricio* var *corsicana*).

1. **Caractéristiques :** Arbre pouvant atteindre 50 m de haut. Le **rhytidome** des jeunes arbres est brun rougeâtre écailleux et sur les vieux sujets, il est divisé en grandes plaques grisâtres. Les **rameaux** sont bruns rouges luisants. Les **aiguilles**, de 12-15 cm de long, de couleur vert bleu, sont persistantes et fasciculées par deux. Le **bourgeon** est ovoïde aiguë, peu résineux. Le **cône** est ovoïde conique, perpendiculaire au rameau, peu dissymétrique, de 4 à 7 cm de

long avec l'écusson d'un brun clair ou rougeâtre luisant. Il est déhiscent et caduc dans l'année suivant la maturité. La **graine** de 5-7 mm, est d'un gris brunâtre avec une aile bien développée (Debazac, 1991).

2. Classification (Saïd, 2000) :

■ EMBRANCHEMENT :	phanérogame
■ SOUS-EMBRANCHEMENT:	gymnosperme
■ CLASSE :	coniféroside
■ ORDRE :	pinale
■ FAMILLE :	pinacé
■ GENRE :	pinus
■ SOUS-GENRE :	pinus
■ SECTION :	sylvestris
■ ESPECE :	nigra
■ SOUS-ESPECE :	laricio
■ VARIÉTÉ :	corsicana

3. Cycle de développement (Cameford & Boué, 1993) (figure 1) :

Le **premier printemps**, les grains de pollens, disséminés par le vent, pénètrent entre les écailles écartées des cônes femelles de première année. Ils sont entraînés à l'intérieur des ovules où ils germent. La **deuxième année** après la pollinisation, a lieu la fécondation et la formation de l'embryon qui est ensuite différencié en une plantule. A la fin de cette évolution, il y a une déshydratation importante, corrélative de l'entrée en vie ralentie de l'ovule ainsi transformé en une graine véritable. **Entre la deuxième et la troisième année**, l'écartement des écailles des cônes femelles libère les graines dont la dissémination par le vent est favorisée par une aile.

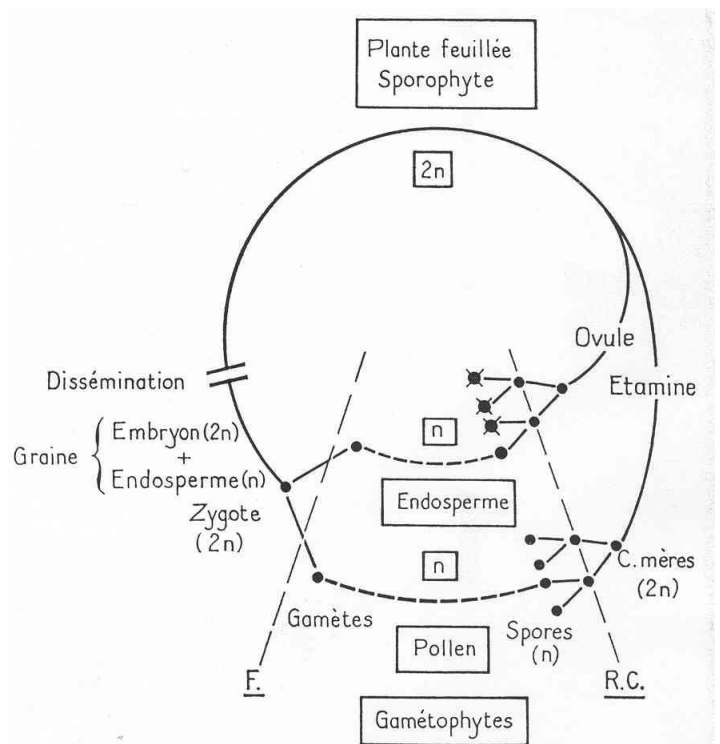


Figure 1 : Cycle de développement

4. Répartition et écologie : Essence forestière endémique, le pin laricio s'étend sur 45000 hectares dont 21000 ha en futaies pures (Roman-Amat & Arbez, 1988), représentant 25% de la couverture forestière de l'île, et peut atteindre l'âge de mille ans (Rameau *et al.*, 1993). Ces

pinèdes se répartissent, le long de la chaîne montagneuse de l'île du nord au sud, principalement entre 600 et 1600 m (Debazac, 1964), occupant les étages supra-méditerranéen et montagnard, ainsi que les secteurs frais de l'étage méso-méditerranéen (Debazac, 1964) et semble s'installer dans l'étage subalpin (Saïd, 2000). Le climat des pineraies de laricio est caractérisé par une forte sécheresse estivale, une bonne pluviosité annuelle (800-1800 mm), une température moyenne annuelle comprise entre 6 et 12°C et une moyenne des minima positive (Thibault *et al.*, 2000). C'est une espèce héliophile qui préfère une ouverture du milieu forestier pour pouvoir se régénérer. Il fait partie du groupe fonctionnel des post-pionnières nomades, il est capable à la fois de structurer des phases pionnières forestières, des phases transitoires, de subsister en phase de maturation compte tenu de sa longévité et de caractériser localement des phases optimales dans des situations stationnelles difficiles (Rameau, 1993).

D. PRODUCTION DE CÔNES ET QUALITÉ DES GRAINES DE CONIFÈRES

Des études sur des pins américains par Smith et Balda (1979), ont montré que les graines appartenant à un même cône, arbre, ou population d'une espèce, présentent un poids et une valeur calorique comparable et un nombre variable de graines saines par cône, pour une année donnée, spécialement chez *Pinus contorta*. Smith et Fretwell (1974) ont mis en évidence une relation, entre le poids et le nombre des graines produites. Par ailleurs, Baker (1972) et Franklin (1964) ont montré que l'humidité du sol, du site de germination, influence le poids des graines. Dans un sol aride, les réserves de protéines et lipides accumulées dans la graine sont élevées, car la jeune plante aura besoin d'énergie pour développer des racines, capables d'atteindre l'eau rare, très convoitée par d'autres plantules. En revanche, dans un sol humide, la compétition pour l'eau sera moindre, les réserves accumulées le seront également, s'accompagnant ainsi d'un poids plus faible.

La production de cônes d'un arbre ou d'une population est la caractéristique la plus variable des conifères du nord-ouest américain, sauf *Pinus contorta* (Smith & Balda, 1979). Cette variation de la production de cônes s'accompagne d'une variation de la production de graines. (Smith & Balda, 1979). Une année où la production de cônes est faible, celle du pollen l'est également (Allen & Owens, 1972), il en résulte, une diminution du potentiel de pollinisation et donc une faible production de graines saines. Ce modèle a été observé chez *Pseudotsuga menziesii* (Garman, 1951), *Picea sitchensis*, *Tsuga heterophylla* (Ruth & Berntsen, 1955) et *Pinus ponderosa* (Larson & Schubert, 1970). *Pinus contorta* ayant une production annuelle en cônes et en graines constante (Smith & Balda, 1979).

Une grande variation annuelle de la production de cônes s'adresse aux arbres individuellement, à une population et à des groupes d'espèces se développant sur un même site (Garman, 1955) ou sur de grandes superficies (Bock & Lepthien 1976 ; Lowry, 1966). Les arbres et les espèces peuvent avoir une reproduction comparable en raison des mêmes conditions environnementales rencontrées. Des racines d'arbres voisins se greffant (Bormann, 1966), pourraient engendrer une coordination dans la reproduction d'arbres de la même espèce. Des études, dans l'ouest américain, ont montré que dans un habitat comparable, les espèces d'un même taxon, présentent les mêmes variations de productions en cône. Par exemple, les années où la production est nulle, toutes les espèces du taxon *Cembroïdes* sont dépourvues de cônes sur des centaines de kilomètres carrés (Smith & Balda, 1979).

Avantages d'une grande variation annuelle de la production en cônes :

- a)** Les processus physiologiques (pollinisation, fécondation) nécessaires pour la reproduction peuvent beaucoup mieux fonctionner sous certaines conditions climatiques que d'autres (Smith & Balda, 1979). Les pins attendent que les conditions soient favorables pour se reproduire et ainsi, dépenser de l'énergie seulement quand les conditions climatiques sont optimum à la reproduction.
- b)** Le climat peut influencer sur les conditions de germination des graines. Smith (1970) a suggéré qu'un printemps aride l'année précédant la germination, peut entraîner une compétition pour l'eau entre les racines des jeunes plants. Les pins éviteraient de produire des graines, quand les conditions du milieu ne sont pas propices au développement des plantules.
- c)** La densité de pollen, reçue par les cônes, est plus importante quand la production annuelle est variable (Smith & Balda, 1979), entraînant une proportion importante de graines viables.
- d)** Les pins ayant une production variable, n'ont pas besoin de réserves d'énergies ou de matériel supplémentaire, ce qui entraînerait un coût et un déficit d'énergie disponible, agissant sur la dimension de la production (Eis *et al.* 1965).
- e)** Une faible production, intercalée entre de bonnes années, entraîne une limitation du nombre des prédateurs. Ainsi, une part des graines sera épargnée lors des bonnes productions les années suivantes. (Garman, 1955 ; Janzen, 1971 ; Keen, 1958 ; Smith, 1968, 1970).

II. MATERIELS ET METHODES

II.1. SITES D'ÉTUDES

Les sites d'études sont la forêt d'Ascu et de Valduniellu situées sur la face occidentale de la chaîne centrale de l'île, la forêt de Vizzavona localisée au centre Corse et les forêts de Poggio di Nazza et Petrapiana sur la façade orientale de l'île.

■ Forêt territoriale de Vizzavona

Contexte géographique et superficies (tableau I) : La forêt de Vizzavona occupe la partie haute d'une vallée issue de la chaîne centrale de la Corse. Elle est traversée par la Route Nationale 193 qui passe au col de Vizzavona.

Contexte climatique : Climat du type méditerranéen montagnard. Les précipitations sont surtout concentrées en automne et hiver. Le vent dominant de secteur Sud-Ouest apporte les pluies et une forte humidité, les brouillards sont fréquents. Le versant exposé Nord à Nord-Ouest est plus humide que le versant orienté Est, Sud-Est.

Tableau I : Données sur les peuplements et superficies de la forêt territoriale de Vizzavona

Superficie totale de la forêt	Altitude inférieure de la forêt	Altitude supérieure de la forêt
1633,15 ha	810 m	2112 m

Essences	Pin laricio	Pin maritime	Hêtre	Peuplements mélangé	Sapin pectiné	Autres résineux	Autres feuillus	Total
% de la surface boisée	50,34	1,15	38,21	2,5	0,23	0,06	7,5	100
Surface boisée (en ha)	671,25	15,34	509,89	33,29	3,25	0,87	99,41	1333,30

Type de peuplement de pins laricio	0-30 ans	30-120 ans	120-180 ans	180-270 ans	270-330 ans	> 360 ans
Proportions	18 %	12 %	58 %	6 %	3 %	3 %

■ Forêt territoriale de Valduniellu

Contexte géographique et superficies : La forêt de Valduniellu située sur un versant orienté sud, occupe la haute vallée du Golu et est traversée par la Route Départementale 84. C'est une forêt divisée en trois séries par les forestiers :

- ↪ 1^{ère} série, dite de production, d'une superficie de 1878,50 ha. Elle est constituée des peuplements productifs de pins laricio.
- ↪ 2^{ème} série, dite de protection, s'étend sur 876,50 ha. Elle est constituée des vides et des pré-bois, soit non susceptibles de productions (terrain rocheux) soit situées en lisière des terrains de pâturages.
- ↪ 3^{ème} série, dite hors cadre, occupe 1681,40 ha. Elle se situe entre les peuplements forestiers et les crêtes, constituée par des rochers, des pâturages et des aulnaies.

Contexte climatique : Climat du type méditerranéen montagnard.

■ Forêt de territoriale de Petrapiana

Contexte géographique et superficies (tableau II) : La forêt s'étend sur le versant oriental du massif du Fiumorbu, chaîne secondaire de montagne d'orientation Nord-Sud et d'exposition Est-Nord-Est. La mer Tyrrhénienne n'étant qu'à quelques kilomètres.

Contexte climatique : Climat méditerranéen montagnard caractérisé par une influence maritime, décelable à la fréquence élevée des brouillards pendant l'été. Les vents y sont assez violents. Sur les versant Nord, le climat est plus rude.

Tableau II : Données sur les peuplements et superficies de la forêt territoriale de Petrapiana

Superficie totale de la forêt	Altitude inférieure de la forêt	Altitude moyenne de la forêt	Altitude supérieure de la forêt
1322 ha	1934 m	1200 m	750 m

Essences	Pin laricio	Sapin pectiné	Hêtre	Bouleau	Chêne	Vides et rochers
Proportion	64%	2%	3%	6%	5%	20%

■ Forêt communale de Poggiu di Nazza

Contexte géographique et superficies (tableau III) : La forêt, dominant la plaine orientale, occupe le flanc Est du plateau de Taoria, occupé par la forêt de Petrapiana et limite cette forêt à l'Est. L'exposition est à dominance Est et Nord-Est.

Contexte climatique : Il s'agit du climat méditerranéen montagnard, avec une très forte nébulosité due à l'influence de la mer.

**Tableau III : Données sur les peuplements et superficies
de la forêt communale de Poggio di Nazza**

Surface totale	Altitudes		Essences	Proportions
	Supérieure	Inférieure		
448 ha	Supérieure	1290 m	Pin laricio	60 %
	Moyenne	930 m	Chêne vert	26 %
	Inférieure	400 m	Vides et rochers	14 %

■ **Forêt communale d'Ascu**

Contexte géographique et superficies (tableau IV) : La Haute vallée d'Ascu se situe dans le massif du Cintu et s'étend sur la commune du même nom (Haute-Corse), entre 535 et 2654 m. Ce site présente un réseau hydrographique très développé formant le bassin versant du Stranciacone orienté, comme la vallée principale, Ouest-Est.

Contexte climatique : La pluviosité moyenne est supérieure en altitude (1179 mm) par rapport au village d'Ascu (748 mm), avec un déficit estival marqué dans les deux stations.

Tableau IV : Données sur les peuplements et superficies de la forêt communale d'Ascu

Type de peuplement et essences	Semis Gaulis Perchis de pin laricio	Jeune futaie de pin laricio	Futaie de pin laricio	Vieille futaie de pin laricio	Bouleau	Surface total boisable	Vides et rochers	Surface totale
Surfaces (en ha)	113,2	89,2	223,4	260,1	17	1061,5	1307	2010,6

II.2. PRODUCTION DE CÔNES DES PINS LARICIO

II.2.1. COMPARAISON INTER-FORÊTS DE LA PRODUCTION DE CÔNES

Le travail consistait à comparer les productions annuelles de cônes de quatre forêts représentatives des peuplements de pin laricio en Corse, à des altitudes comprises entre 1000 et 1200 mètres. Les sites d'études ont été la forêt territoriale de Vizzavona, la forêt territoriale de Valdoniellu, la forêt communale de Poggio di Nazza et territoriale de Petrapiana, la forêt communale d'Ascu.

Le travail de terrain s'est déroulé du 6 janvier au 12 mars 2003. Pour chaque forêt, nous avons compté le nombre de cônes présents sur un échantillon de 45 à 50 pins laricio ayant un diamètre supérieur à 70 cm. Nous avons pris uniquement en compte cette classe de diamètre car c'est dans ce type de peuplement que l'on observe les plus fortes densités de sittelle corse (Thibault *et al.*, 2002).

Pour réaliser cette comparaison nous avons utilisé le test de comparaison des pentes, à l'aide du logiciel de statistique LOGITHEQ.

II.2.2. COMPARAISON INTER-ANNUELLES DE LA PRODUCTION DE CÔNES

Le travail consistait à comparer les productions annuelles de cônes des trois années successives 2000, 2001 et 2002 de la forêt communale d'Ascu. Pour cela, nous avons analysé des comptages de cônes entrepris en hiver 2000, 2001 et 2002, sur 120 à 160 pins laricio, de tous diamètres et situés sur des territoires de sittelles corses (Thibault, données soumises).

Pour réaliser cette comparaison, nous avons utilisé le test de comparaison des pentes, à l'aide du logiciel de statistique LOGITHEQ.

II.2.3. PRODUCTION DE CONES EN FONCTIONS DU DIAMETRE DES ARBRES

Le but de ce travail était d'étudier la production de cônes des pins laricio en fonction de leur diamètre. Pour cela nous avons analysé les résultats de comptages de cônes entrepris en hiver 2000, 2001 et 2002, sur 120 à 160 pins laricio, de tous diamètres et situés sur des territoires de sittelles corses dans la forêt d'Ascu (Thibault, données soumises).

Le calcul des valeurs de régression nous a permis d'avoir des significations sur les liens entre les diamètres et le nombre de cônes produit par les pins.

II.3. QUALITÉ DES GRAINES DE PINS LARICIO

Pour cette analyse, nous avons réalisé un échantillonnage dans la forêt communale d'Ascu, à une altitude comprise entre 1050 et 1400 mètres. Le travail de terrain s'étant déroulé durant la première quinzaine de février 2003.

Nous avons prélevé, grâce à une perche d'élagage d'une longueur maximum de 10 m, 1031 cônes fermés sur 40 pins laricio. Nous avons choisis des cônes fermés afin que la totalité des graines soient présentes à l'intérieure et ne se soient pas encore dispersées.

Les cônes ont ensuite été placés individuellement à l'intérieur de sachets papiers dans un endroit sec afin qu'ils sèchent et s'ouvrent pour récupérer les graines. Cependant un peu plus de la moitié des cônes se sont incorrectement ouverts, nous n'avons récupéré que le contenu de 495 cônes correspondant à 37 arbres.

Par la suite, nous avons comptabilisé le nombre de graines fertiles et stériles, et pesé individuellement les graines fertiles à l'aide d'une balance électronique (précision à 0,001 gr). Les graines fertiles ou viables sont les graines matures dont l'endosperme est sain, les graines stériles ou non viables sont vides, desséchées. Elles se différencient par leurs couleurs et sont

respectivement brun foncé et brun très clair. Les stériles se réduisant facilement en poudre sous une simple pression des doigts.

Pour établir les diverses corrélations entre les données obtenues nous avons réalisé une Analyse par Composante Principale dont la matrice des données compte **5 variables** et **10.991 observations**.

Les variables étaient les suivantes :

- ↪ le diamètre des pins laricio,
- ↪ le nombre de graines fertiles par cône,
- ↪ le nombre de graines stériles par cône,
- ↪ le nombre total de graines par cône,
- ↪ la poids individuel des graines fertiles.

II.4. CHRONOLOGIE D'OUVERTURE DES CÔNES ET CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Le suivi s'est réalisé dans la forêt territoriale de Vizzavona au lieu-dit l'Ajola à l'altitude 1150 mètres. Les observations ont débuté le 28 novembre 2002 et terminées le 8 mars 2003.

Ce travail a pour but de mettre en évidence la chronologie d'ouverture des cônes au cours de l'hiver et d'analyser quelles sont et comment les conditions météorologiques agissent sur la déhiscence des cônes.

Pour cela, nous avons étudié un échantillon de 25 arbres, que nous avons marqué, repartis en 4 classes de diamètres (30-49, 50-69, 70-89 et ≥ 90 centimètres). Pour chaque arbre, nous avons compté en un premier temps le nombre total de cônes, puis le nombre de cônes ouverts, environ tous les 7-10 jours. En un second temps, nous avons comparé les résultats obtenus avec les conditions climatiques fournies par une station météorologique (Dominique Chery, Office National des Forêts) située à la maison forestière de Vizzavona à 975 m d'altitude sous couvert forestier, les conditions étant proches de celles du site d'étude.

III. RESULTATS

III. 1. PRODUCTION DE CÔNES DES PINS LARICIO

III.1.1. COMPARAISON INTER-FORÊTS DE LA PRODUCTION DE CÔNES

En 2003, la production de cônes des peuplements de pins laricio de diamètre supérieure à 70 cm, des forêts de Vizzavona, Ascu, Valdoniellu et Poggio di Nazza / Petrapiana (tableau V),

ne présentent pas de différences significatives (tableau VI). La quantité de cônes et de graines produite est comparable, quelque soit la localisation de la forêt.

Tableau V: Comptages des cônes réalisés dans les forêts de Vizzavona, Ascu, Valdoniellu et Poggio di Nazza / Petrapiana.

Forêts	VIZZAVONA	ASCU	VALDONIELLU	POGGIO DI NAZZA
Nombre minimum de cônes par arbre	2	7	1	8
Nombre maximum de cônes par arbre	609	1.120	1.030	1.400
Moyenne du nombre de cônes par arbre	151,78 ± 145,4149994	200,4444444 ± 231,8800195	286,0217391 ± 247,7060524	297,5 ± 288,8906206
Moyenne des diamètres des arbres (en cm)	88,3 ± 10,633505	86,86666667 ± 16,09573631	93,04347826 ± 12,76619933	95,81818182 ± 15,92171652
Pente	-1,784983305	2,562782184	-2,76960517	1,249662235
n	50	45	46	44

Tableau VI : Test de comparaison des pentes et signification.

	VALDONIELLU	ASCU	POGGIO DI NAZZA
VIZZAVONA	F= 7,560508e-02 avec 1 et 92 ddl, p> 0,05 ; non significatif	F= 1,937976 avec 1 et 91 ddl, p= 0,164 ; non significatif	F= 0,6630011 avec 1 et 90 ddl, p > 0,05 ; non significatif
VALDONIELLU	-	F= 2,209867 avec 1 et 87 ddl, p= 0,137 ; non significatif	F= 0,9704292 avec 1 et 86 ddl, p> 0,05 ; non significatif
ASCU	-	-	F= 0,139309 avec 1 et 85 ddl, p> 0,05 ; non significatif

III.1.2. COMPARAISON INTER-ANNUELLES DE LA PRODUCTION DE CÔNES

Dans la forêt d'Ascu, la production de l'année 2000 (tableau VII) est significativement différente de celles de 2001 et 2002 (tableau VIII). En revanche, les productions de cônes des années 2001 et 2002 (tableau VII) ne sont pas significativement différentes (tableau VIII).

La faible production de cônes de l'an 2000 est suivie par deux productions plus importantes (tableau VII). Il y a donc des différences inter-annuelles significatives, entre les productions de cônes des pins laricio dans la forêt d'Ascu.

Tableau VII: Comptages des cônes dans la forêt d'Ascu

Années	2000	2001	2002
Nombre de cônes présents sur les arbres	3.116	14.676	14.662
Nombre d'arbres échantillonnés	160	120	142
Nombre minimum de cônes par arbre	0	0	0
Nombre maximum de cônes par arbre	300	800	1.000
Moyenne du nombre de cônes par arbre	19,48 ± 36,35	121,29 ± 114,59	103,25 ± 160,27
Moyenne du diamètre des arbres (en cm)	58,43 ± 20,79	57,65 ± 20,43	64,56 ± 20,47
Pente	0,3	3,71	2,83
Régression	0,200925372 avec p<0,05 ; significatif	0,35253486 avec p<0,001 ; significatif	0,65280027 avec p<0,001 ; significatif

Tableau VIII : Test de comparaison des pentes.

	2001	2002
2000	F=0,8545208 avec 1 et 276 ddl, p<0,001 significatif	F=18,07579 avec 1 et 298 ddl, p<0,001 significatif
2001	-	F=1,338603 avec 1 et 258 ddl, p=0,247 non significatif

III.1.3. PRODUCTION DE CONES EN FONCTIONS DU DIAMETRE DES ARBRES

Les comptages de cônes dans la forêt d'Ascu (tableaux VII) nous ont permis d'analyser l'importance de la production de cônes en fonction du diamètre des pins laricio. Nous avons constaté que le nombre de cônes produit est significativement associé aux diamètres des arbres pour les trois années 2000, 2001 et 2002 dans la forêt d'Ascu (tableau VII). Plus le diamètre est grand, plus la production en cônes est importante. Autrement dit, la quantité de cônes et donc de graines présente sur les pins s'accroît avec le diamètre. La production en cônes est ainsi plus élevée dans les vieux peuplements.

III.2. QUALITÉ DES GRAINES

Pour cette étude, sur la qualité des graines, l'échantillonnage de départ était composé de 1.031 cônes prélevés sur 40 pins laricio de la forêt d'Ascu. Or, au cours du séchage seulement 495 cônes appartenant à 37 arbres se sont ouverts. C'est donc sur les graines de ceux-ci que notre analyse portera.

Les données obtenues sur le contenu des cônes sont résumées dans le tableau IX, dans le quel nous observons différentes moyennes et les valeurs extrêmes rencontrées chez les pins laricio. Nous constatons d'importantes variations entre les maxima et minima des caractéristiques du contenu des cônes.

Tableau IX : Données quantitatives sur les graines

Nombre de cônes	Nombre de graines fertiles	Nombre de graines stériles	Proportion de graines fertiles	Proportion de graines stériles	Proportion moyenne de graines fertiles par cône
495	11.052	5394	67,20%	32,80%	63,17% ± 23,04

Moyenne du nombre total de graines par cône	Minimum du nombre total de graines par cône	Maximum du nombre total de graines par cône	Moyenne du nombre de graines fertiles par cône	Minimum du nombre de graines fertiles par cône	Maximum du nombre de graines fertiles par cône
33,22 ± 15,36	0	92	22,33 ± 14,32	0	78

Moyenne du nombre de graines stériles par cône	Minimum du nombre de graines stériles par cône	Maximum du nombre de graines stériles par cône	Poids moyen des graines fertiles (en mg)	Poids minimum des graines fertiles (en mg)	Poids maximum des graines fertiles (en mg)
11,13 ± 7,71	0	46	16,06 ± 3,4	6	29,5

Le tableau X présente la matrice de corrélations des cinq variables prises en compte. Avec **X1** le diamètre des arbres ; **X2** le nombre de graines stériles par cône ; **X3** le nombre de graines fertiles par cône ; **X4** le nombre total de graines par cône ; **X5** le poids individuel des graines fertiles. Les figures 2 et 3 représentent respectivement les projections des variables et des observations sur les axes 1 et 2.

Tableau X : Matrice de corrélation

	X1	X2	X3	X4	X5
X1	1,0				
X2	0,2	1,0			
X3	0,0	-0,2	1,0		
X4	0,1	0,3	0,9	1,0	
X5	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	1,0

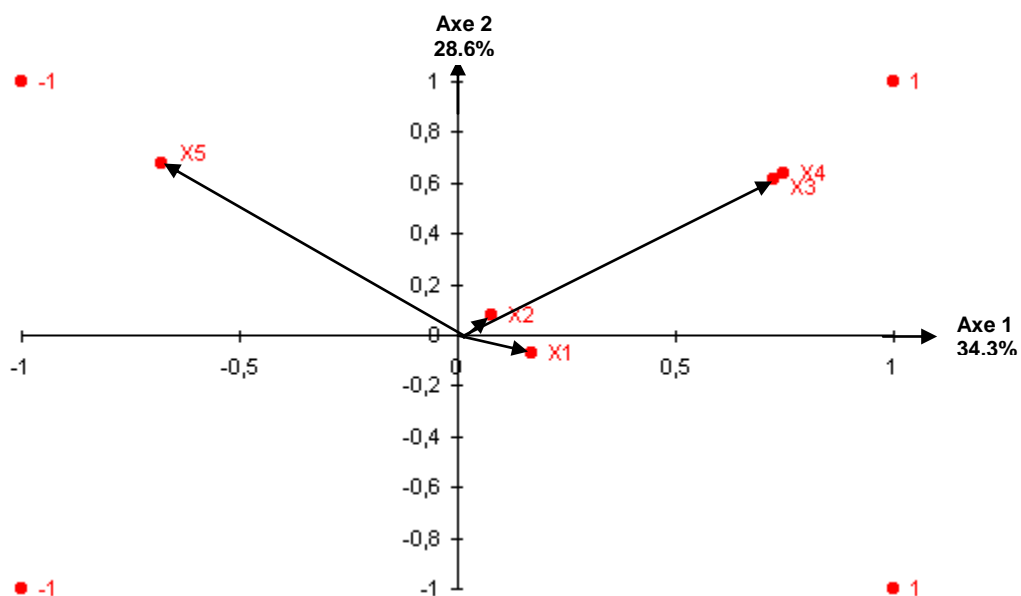


Figure 2 : Projection des variables sur les axes 1 et 2

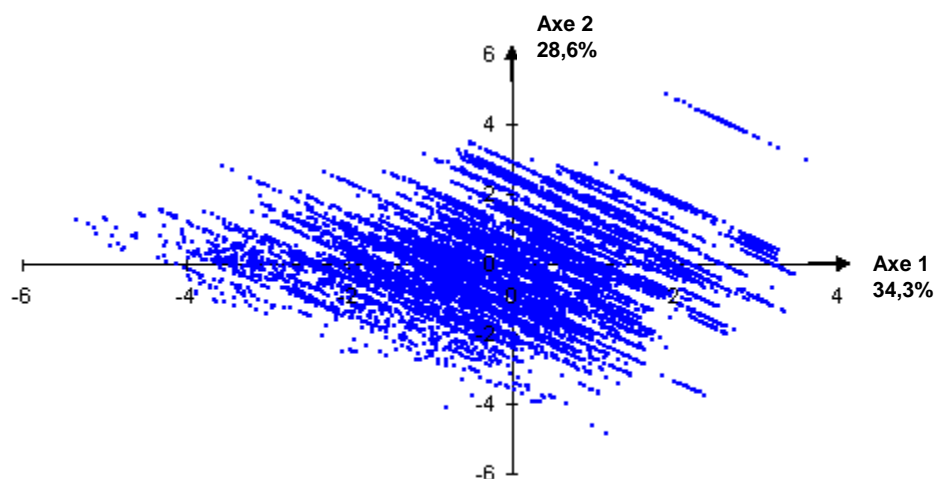


Figure 3 : Projection des observations sur les axes 1 et 2

Les résultats mettent en évidence une corrélation positive entre X3 et X4, X2 et X4 (tableau X) signifiant que les proportions de graines fertiles stériles sont constantes entre les cônes et entre les arbres. En revanche il n'y a pas de corrélations significatives entre les autres variables, notamment avec le diamètre des pins laricio (tableau X). Le diamètre ne traduit donc aucune variation dans la qualité des graines, que ce soit en nombre ou en poids.

Sur la projection des observations, le nuage de points se situe au voisinage du barycentre montrant que les variables, prises en compte ici, ne permettent pas d'apprécier d'éventuelles distinctions sur la qualité des graines.

Mise à part la proportion de graines stériles et fertiles, nous constatons que les caractéristiques du contenu des cônes sont variables et ne répondent pas à un lien avec le diamètre. Le poids et le nombre de graines dans un cône sont donc indépendants du diamètre des pins laricio.

III.3. CHRONOLOGIE D'OUVERTURE DES CÔNES ET CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Le suivi de la chronologie d'ouverture des cônes sur un échantillon de 26 pins laricio comportant 3323 cônes dans la forêt de Vizzavona (figure 4), a montré que :

- La première ouverture a eu lieu le 21/12/2002 avec 44,36% de cônes ouverts.
- Du 21/12/2002 au 3/03/2003, le maximum de cônes ouverts représentait 44,36% et le minimum 0,45%.
- Le 8/03/2003, nous avons observé la première forte proportion de cônes ouverts représentant 69,28% des cônes.
- Entre chaque comptage, la proportion de cônes ouverts varie. C'est le cas des proportions de cônes ouverts des 21 et 29/12/2002, des 13 et 19/01/2003 ou encore des 23/02 3/03 et 8/03/2003.
- La chute des cônes matures dont les graines ont toutes été dispersées, est intervenue qu'à partir de fin mars 2003.

Ces résultats mettent en évidence que des cônes s'ouvrent et se ferment plusieurs fois durant l'hiver, puisque d'une observation à l'autre, la proportion de cônes ouverts varie, elle augmente et diminue, alors que le nombre total de cônes reste le même.

Il apparaît également, deux périodes d'ouvertures des cônes, l'une intervenant en début (à partir du 21/12/2002) et l'autre en fin d'hiver (à partir du 8/03/2003). Durant la première, la

proportion maximum de cônes ouverts n'a pas dépassé 44,36%. Dans la seconde, nous avons observé la totalité des cônes ouverts.

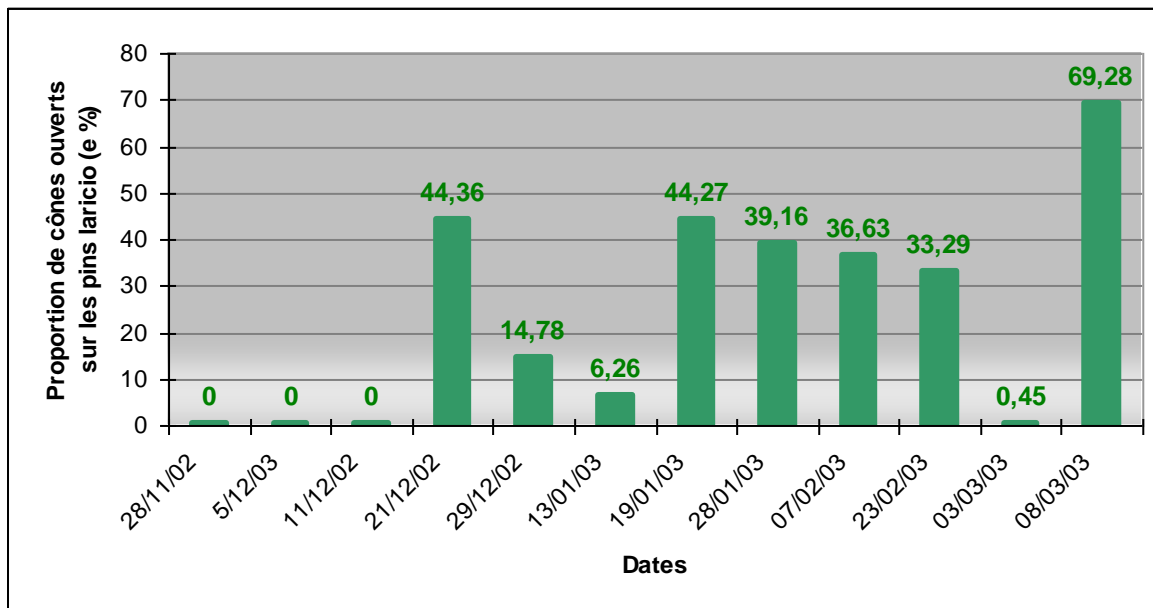


Figure 4 : Chronologie d'ouverture des cônes de pins laricio du 28/11/2002 au 8/03/2003 dans la forêt territoriale de Vizzavona.

L'influence des conditions climatiques a été étudiée grâce aux données météorologiques prélevées à la maison forestières de Vizzavona.

Nous avons observé les conditions climatiques d'hygrométrie et de températures qui régnaient les trois jours entourant les journées de suivi de l'ouverture des cônes.

Concernant l'hygrométrie, nous avons constaté que (figure 5):

1. Avant le 21/12/2002 : Période de forte hygrométrie.
2. Le 21/12/2002 : Chute de l'hygrométrie.
3. Le 29/12/2002 : Augmentation de l'hygrométrie.
4. Le 13/01/2003 : Augmentation de l'hygrométrie.
5. Le 19/01/2003 : Chute de l'hygrométrie.
6. Le 28/01/2003 : Chute de l'hygrométrie.
7. Le 07/02/2003 : Chute de l'hygrométrie.
8. Le 23/02/2003 : Chute de l'hygrométrie.
9. Le 03/03/2003 : Augmentation de l'hygrométrie et pluie.
10. Le 08/03/2003 : Chute importante de l'hygrométrie.

Concernant les températures, nous avons constaté que (figure 6) :

1. La quantité de cônes fermés le 3/03/2003 est supérieure au 13/01/2003, en même temps les températures du 3/03 sont supérieures à celles du 13/01.
2. La quantité de cônes ouverts le 8/03 est supérieure à celle des 7 et 23/02, elle-même supérieure à celle des 21/12/2002, 19/01 et 28/01/2003. En même temps les températures du 8/03 sont supérieures à celles du 7 et 23/02, elles-mêmes supérieures à celles du 21/12, 19 et 28/01.

L'hygrométrie et la température influencent les ouvertures et fermetures des cônes.

En effet, nous observons qu'une chute de l'hygrométrie entraîne rapidement une ouverture des cônes (le 21/12, 19/01, 28/01, 7/02, 23/02, 8/03), une augmentation entraînant une fermeture (le 29/12, 13/01, 3/03). Aux conditions hygrométriques s'ajoute la température qui agit sur l'importance de la proportion de cônes ouverts ou fermés. En effet, plus la température est élevée plus la quantité de cônes fermés ou ouverts est importante et plus elle est faible plus cette quantité est inférieure.

Nous avons donc l'hygrométrie qui régit l'ouverture et la fermeture des cônes, et la température qui agit sur l'importance de la proportion de cônes qui s'ouvrent ou se ferment.

Ce phénomène peut être résumé par les combinaisons suivantes :

- Hygrométrie élevée + Température élevée → Fermeture des cônes très accentuée.
- Hygrométrie élevée + Température basse → Fermeture des cônes moins accentuée.
- Hygrométrie basse + Température élevée → Ouverture des cônes très accentuée.
- Hygrométrie basse + Température basse → Ouverture des cônes moins accentuée.

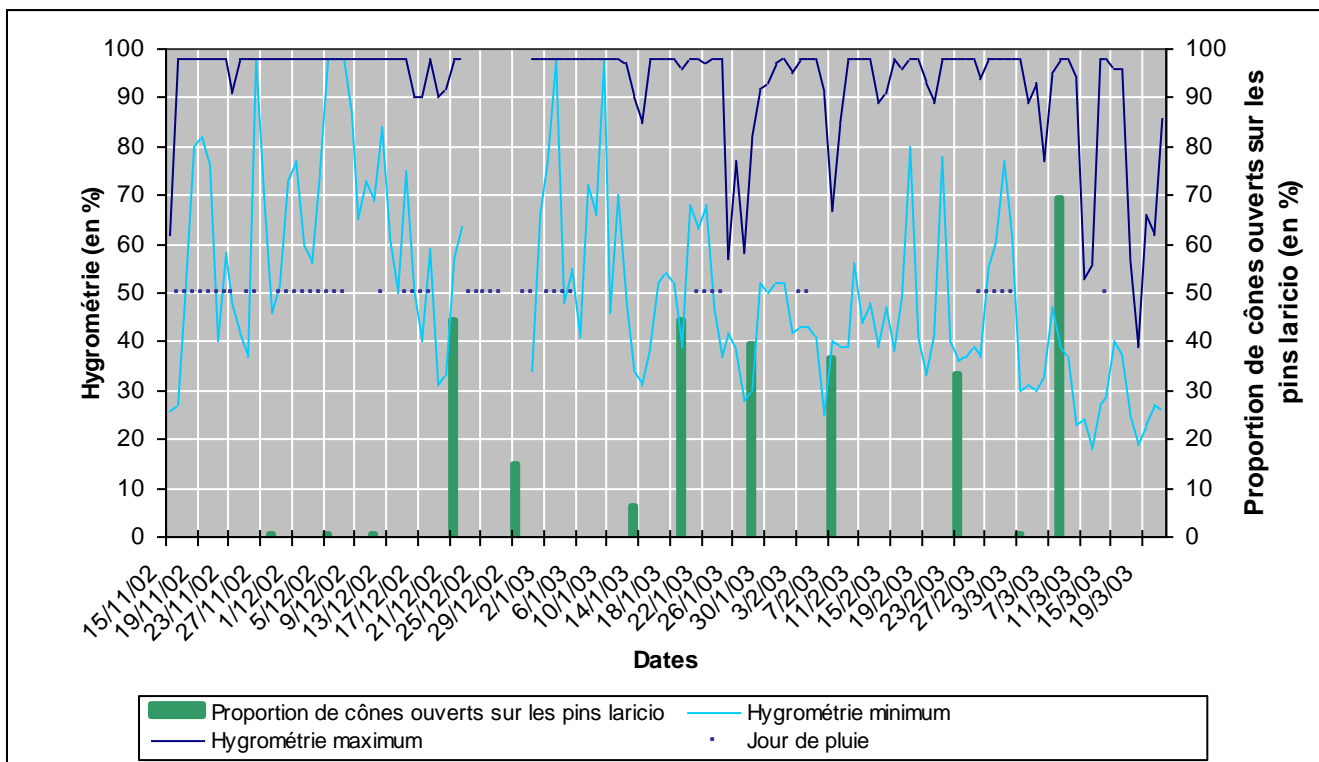


Figure 5 : Influence de l'hygrométrie sur l'ouverture des cônes de pins laricio.

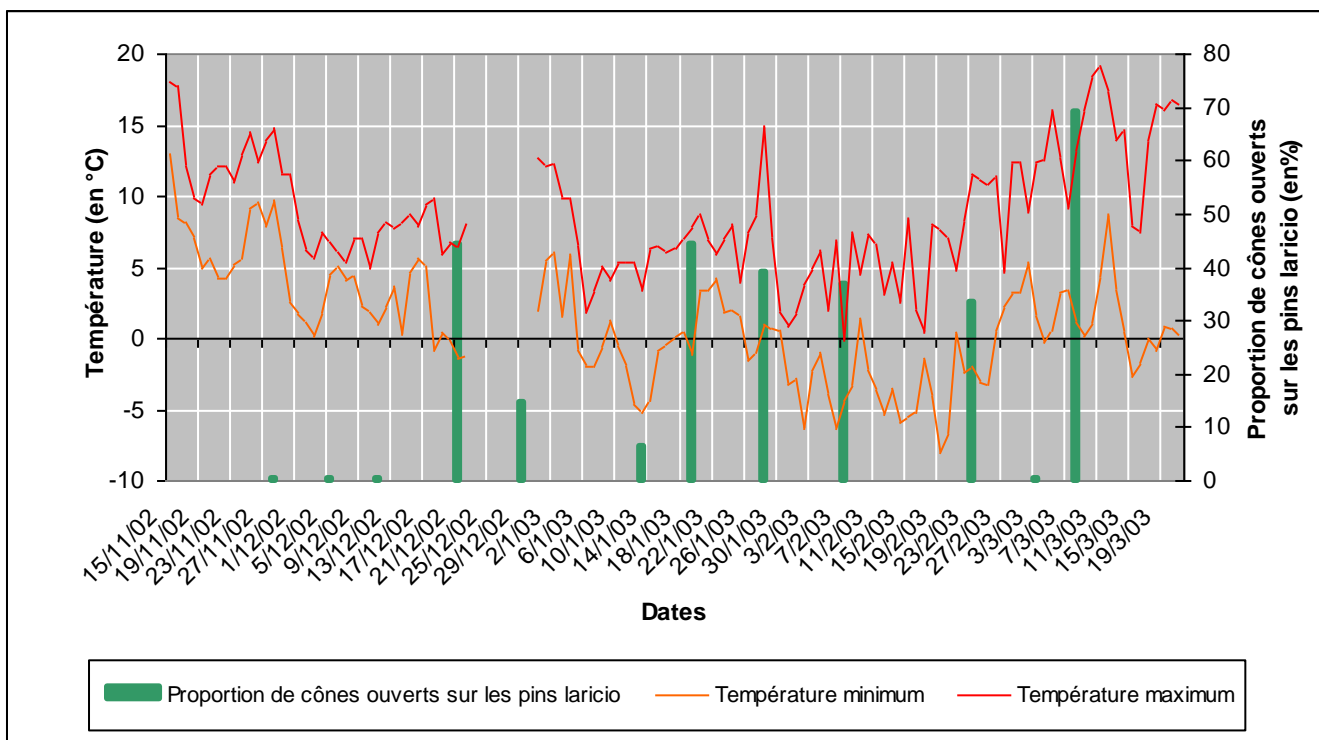


Figure 6 : Influence de la température sur l'ouverture des cônes de pins laricio.

IV. DISCUSSION

La sittelle corse est dépendante des forêts de pin laricio (Löhr 1960, 1961 ; Bricchetti & Di Capi, 1985 ; Thibault *et al.* 2002b). Les densités les plus élevées sont enregistrées dans les vieux peuplements (Thibault *et al.* 2002b). Elle passe toute l'année dans ces pinèdes sur un territoire de quelques hectares à 10 ou 20 ha, selon la qualité du milieu. En période de reproduction, la sittelle se nourrit d'invertébrés et en période hivernale, les graines de conifères sont l'essentiel de l'alimentation, mais ne sont disponibles qu'une fois les cônes ouverts (Thibault *et al.* 2000). Elle préfère les graines de pins laricio, qui ont une coque moins rigide et plus facile à décortiquer que celles des autres résineux (Thibault *et al.*, 2002b). En hiver, la sittelle corse constitue des réserves, en cachant des graines dans les fissures des troncs et des branches (obs. pers.). Ces observations montrent l'intérêt primordial des pins laricio et de la ressource en graines qu'ils fournissent à la sittelle corse, qui peut ainsi survivre aux conditions difficiles qu'elle rencontre en hiver.

IV. 1. PRODUCTION DE CÔNES DES PINS LARICIO

Les forêts d'Ascu, Valdoniellu, Poggio di Nazza, Petrapiana et Vizzavona sont représentatives de l'habitat à pin laricio en Corse. Leur localisation géographique permet de prendre en compte les variations des facteurs physiques (qualité du sol, conditions climatiques...) qui peut y avoir entre les microrégions de Corse et pouvant influencer la biologie et l'écologie (pollinisation, fécondation...) du pin laricio.

L'homogénéité de la production en cônes de l'hiver 2002/2003 sur l'ensemble des forêts de pin laricio en Corse, et la variabilité annuelle, pourraient être dues aux conditions climatiques qui règnent aux moments des processus de reproduction. Des conditions climatiques comparables sur l'ensemble de l'île, ajoutées à une écologie commune des pinèdes de la même espèce, peut expliquer que les productions de cônes soient voisines. En revanche, d'une année à l'autre, les conditions climatiques sont plus fluctuantes et entraîneraient des variations annuelles de la production.

La stratégie des pins laricio serait d'adapter leur production de cônes et de graines en fonction des conditions climatiques. De plus, une production variable entre les années peut entraîner une pollinisation plus importante et donc une augmentation du nombre de graines saines dans les cônes (Smith & Balda, 1979). Elle peut aussi favoriser une meilleure croissance des arbres (Eis *et al.*, 1965). Elle entraînerait également, une limitation des consommateurs de graines, puisqu'une faible production de cônes, intercalée entre de bonnes années, limite le nombre

des granivores. Une part des graines sera ainsi épargnée les années suivantes. (Garman, 1955 ; Keen, 1958 ; Smith, 1968, 1970 ; Janzen, 1971).

L'uniformité de la production de cônes dans toutes les forêts, permet à la sittelle corse de ne pas avoir besoin de se déplacer d'une forêt ou d'une vallée à l'autre et ainsi rester sur son territoire pour rechercher son alimentation en graines. Ses déplacements sont ainsi limités au minimum, économisant de l'énergie et évitant une compétition avec d'autres oiseaux pour la recherche de graines. Quand la sittelle a un territoire qui lui convient, elle n'a pas besoin d'en sortir pour disposer de graines en plus grande quantité, d'autant plus si celui-ci est situé dans des vieux peuplements de pins laricio, la quantité de cônes et donc de graines y étant la plus importantes. En effet, la production de cônes augmente avec le diamètre des arbres et les oiseaux trouvent donc une grande quantité de graines sur les vieux pins de gros diamètre. C'est d'ailleurs dans ces peuplements que les plus fortes densités de sittelle corse sont observées (Thibault *et al.*, 2002). Ces fortes productions de cônes observées dans les vieux peuplements, s'expliquent par le fait que ces zones sont clairsemées, la lumière pénètre jusqu'au sol et les pins sont pourvus de branches jusqu'à la base de leur tronc, ayant ainsi un volume important et des emplacements nombreux pouvant accueillir une grande quantité de cônes.

Les variations annuelles de la production de cônes peuvent engendrer des conséquences vitales sur les sittelles corses en raison de leur forte dépendance pour les graines en hiver. Une faible disponibilité des graines peut entraîner une augmentation du taux de mortalité hivernale, les sittelles n'ayant pas d'autres ressources alimentaires de remplacement. Une autre conséquence, peut être le retardement de la période de reproduction, car des oiseaux sortant de l'hiver affaiblis par le manque de nourriture, doivent absolument prendre le temps d'emmagasiner de l'énergie afin de mener à bien la reproduction.

IV.2. QUALITÉ DES GRAINES

Chez le pin laricio, l'inflorescence femelle est constituée par des écailles comportant deux ovules chacune. Après la fécondation, ces organes ovulifères deviennent ligneux, constituant un cône typique de 4 à 7 cm de long, déhiscent et caduc dans l'année suivant la maturité. Après maturation, les ovules deviennent des graines véritables riches en lipides et protéines (Debazac, 1991 ; Cameford & Boué, 1993).

Le contenu des cônes est constitué de graines fertiles et stériles. Les premières sont saines et peuvent germer si les conditions du milieu sont favorables, les secondes, vides et sèches, soit ne sont pas arrivées à maturité pour des raisons physiologiques, soit des insectes se sont nourris de l'endosperme et de l'embryon.

Les caractéristiques quantitatives et qualitatives des graines sont variables d'un cône et d'un arbre à l'autre, et ne présentent pas de répartitions particulières. Si la qualité des graines ne dépend pas du diamètre des pins, alors, quels sont les facteurs intervenant ? Car, comment expliquer, par exemple, que certains cônes sont totalement dépourvus de graines alors que d'autres en possèdent 92 ou encore que le poids des graines fluctue de 6 à 29,5 mg et pourquoi certains arbres présentent plutôt des petites ou des grosses graines ? Est-ce que ces caractéristiques sont régies par le patrimoine génétique de l'arbre, par des paramètres du sol ou par des conditions météorologiques ?

Dans les forêts de pins laricio, la sittelle corse présente des variations de densités, en fonction du type et de la structure des peuplements. Elle est absente ou presque des jeunes peuplements de laricio. Dans les peuplements mixtes, les densités sont plus faibles que dans les futaies pures, plus le taux de recouvrement d'une autre essence est élevé, plus la présence de sittelles est faible. La sittelle est sensible à la hauteur et au diamètre moyen des arbres, des valeurs élevées de ces paramètres entraînent une forte densité de sittelles. Concernant l'influence de la densité des pins sur la sittelle, une faible valeur peut être favorable quand il y a de gros arbres et inversement une valeur élevée est défavorable, car cela implique la présence d'arbres fins (Thibault *et al.*, 2000).

Ces préférences pour des habitats précis sont dirigées par un besoin des sittelles de zone de nidification et d'hivernage de qualités pour se développer. En hiver la disponibilité et la qualité des graines apparaissent comme des facteurs clés pour la survie de la sittelle corse, expliquant les fortes densités dans les vieux peuplements pur de pin laricio (Thibault *et al.*, 2002b). Or il s'est avéré que les caractéristiques qualitatives et quantitatives des graines ne présentent pas de distinctions en fonction du diamètre des pins. Cependant, ce sont les arbres de forts diamètres qui présentent les productions de cônes et de graines les plus élevées. C'est dans les vieux peuplements que la sittelle corse trouve la disponibilité de graines la plus abondante.

IV.3. CHRONOLOGIE D'OUVERTURE DES CÔNES ET CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

De la fin de l'automne jusqu'au printemps, c'est la période d'ouverture des cônes de pin laricio, pendant laquelle les graines libérées sont dispersées par le vent grâce à leurs ailettes, afin d'éviter la zone d'influence négative du semencier (Saïd, 2000). C'est à cette période que les graines sont disponibles pour les sittelles, qui ne peuvent pas détruire les cônes fermés et sont obligées d'attendre leur ouverture pour récolter les graines et sont ainsi très attentives à la déhiscence des cônes.

Les cônes s'ouvrent quand les graines sont mures (Debazac, 1991). Nous pouvons donc supposer que l'ouverture du 21 décembre représente les cônes dont les graines sont arrivées à maturité plus tôt que celles contenues dans les cônes qui se sont ouverts à partir du 8 mars. Il y aurait donc deux périodes d'ouvertures. La dispersion des graines s'étale durant tout l'hiver, période pendant laquelle les cônes libèrent leurs graines quand les conditions favorables sont réunies pour assurer une dispersion sur des distances suffisantes afin d'éviter la zone d'influence négative du semencier et une perte importante de graines. En effet, un air sec et chaud favorise d'avantage le vol des graines ailées et la dispersion sur de grandes distances, aux contraires des conditions pluvieuses entraînent les graines directement au sol, sous le semencier, empêchant toutes chances de germination.

La disponibilité des graines de pin laricio pour la sittelle corse, n'est pas homogène durant la saison hivernale et fluctue selon les conditions climatiques locales. La sittelle s'est adaptée à cette disponibilité fluctuante, en mettant au point un comportement de caches des graines, qui lui permet de disposer de réserves de nourriture pendant les périodes de faible accessibilité des graines, quand les cônes sont fermés. Quand ils sont ouverts, la sittelle récolte et cache un maximum de graines dans les interstices de l'écorce du tronc et des branches des pins. Quand ils sont fermés, elle se nourrit des graines cachées.

Le fait que les cônes s'ouvrent et se referment entraîne une présence des graines pendant tout l'hiver, car nous supposons qu'en se refermant les cônes contiennent encore des graines qui seront à nouveau disponibles lors d'une prochaine ouverture. Les graines de pin laricio sont libérées et mises à disposition de façon ponctuelle dans le temps.

Grâce à son comportement alimentaire la sittelle corse peut donc homogénéiser la disponibilité des graines et d'en disposer tout au long de l'hiver jusqu'à l'arrivée du printemps s'accompagnant de l'augmentation des insectes dont la sittelle corse se nourrit.

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le cycle de développement des pins laricio dure trois années et aboutit à des productions de cônes comparables entre les pinèdes pour une année donnée et à une variabilité annuelle de la production d'une forêt donnée. Par ailleurs, le contenu des cônes est indépendant du diamètre des arbres et la production de cônes augmente avec le diamètre. Enfin, la déhiscence des cônes répond à des contraintes physiologiques d'une part et aux conditions climatiques d'autre part. Ces observations montrent que la stratégie reproductive du pin laricio répond à une adaptation aux conditions environnementales, afin de rentabiliser au mieux son développement. Notre démarche nous a permis d'avoir une vision générale de la fructification du pin laricio et de son rôle comme ressource alimentaire hivernale de la sittelle corse.

Il serait désormais, intéressant d'approfondir ces connaissances. Dans ce cadre, une analyse précise de l'influence des conditions climatiques sur les différents processus de la reproduction du pin laricio devrait être menée. Un suivi plus dense et sur plusieurs années permettrait d'appréhender les facteurs entrant en jeu dans la production de cônes et de graines des pins laricio ainsi que sur la qualité des semences. Un suivi quotidien de l'ouverture des cônes reste à mener, ainsi qu'une analyse précise des facteurs notamment climatiques qui interviennent. D'autre part, des études sur le comportement de la sittelle corse vis-à-vis des peuplements de pin laricio doivent également être menées.

VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allen G. S., Owens J. N. (1972). *The life history of Douglas-fir*. Information Canada, Ottawa.
- Baker H. G. (1972). Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology*, 53, 997-1010.
- Bock C. E., Lepthien L. W. (1976). Synchronous eruptions of boreal seed-eating birds. *Amer. Natur.*, 110, 559-571.
- Bormann F. H. (1966). The structure, function and ecological significance of root grafts in *Pinus strobus* L. *Ecol. Monogr.*, 36, 1-26.
- Brichetti, P., Di Capi, C. (1985). Distribution, population and breeding ecology of the corsican nuthatch, *Sitta whiteheadi* Sharpe. *Riv. It. Orn.*, 55, 3-26.
- Brichetti, P., Di Capi, C. (1987). Conservation of the Corsican Nuthatch *Sitta whiteheadi* Sharpe, and proposals for habitat management. *Biological Conservation*, 39, 13-21.

- Cameford H., Boué H. (1993) *Reproduction et biologie des végétaux supérieurs* (2^{ème} éd.). doin editeurs, 181-205.
- Cramp, S., Perrins, C.M. (1993). *The Birds of the Western Palearctic*. Vol. 7. Flycatchers to Shrikes. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Debazac, E.-F. (1964). Le pin laricio de Corse dans son aire naturelle. *Revue forestière française*, 3, 188-215.
- Debazac, E.-F. (1991). *Manuel des conifères* (2^{ème} éd.). Ecole National du Génie Rural, des Eaux et Forêts, 95-96.
- Eis S., Garman E. H., Ebell L. F. (1965). Relation between cone production and diameter increment of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), grand fir (*Abies grandis* (Doug.) Lindl.), and western white pine (*Pinus monticola* Dougl.). *Can.J.Bot.*, 43, 1553-1559.
- Franklin J. F. (1964). Ecology and silviculture of the fir-hemlock forests of the Pacific Northwest. *Proc. Soc. Amer. Foresters*, 1964, 28-32.
- Gamisans J. (1999). *La végétation de la Corse* (2^{ème} éd.). Édisud, Aix-en-Provence.
- Garman E. H. (1951). Seed production by conifers in the coastal region of British Columbia related to dissemination and regeneration. *British Columbia For. Serv., Tech. Pub.* n° T35, 1-47.
- Garman E. H. (1955). Regeneration problems and their silvicultural significance in the coastal forests of British Columbia. *British Columbia For. Serv., Tech. Pub.*, N° T41, 1-67.
- Gauthier A. (2002). *La Corse*. Delachaux et niestlé, 241-246.
- Harrap, S. & Quinn, D. 1996. *Tits, Nuthatches & Treecreepers*. Helm Identification Guides. A. & C. Black, London.
- Janzen D. H. (1971). Seed predation by animals. *Ann. Rev. Ecol. And Syst.*, 2, 465-492.
- Keen F. P. (1958). Cone and seed insects of western forest trees. *U. S. Dept. Agr. Tech. Bull.*, N° 1169, 1-168.
- Larson M. M., Schubert G. H. (1970). Cone crops of ponderosa pine in central Arizona, including the influence of Abert squirrels. *U. S. D. A. Forest Service Research Paper*, RM-58.

- Löhrl, H. (1960). Vergleichende Studien über Brutbiologie und Verhalten der Kleiber *Sitta whiteheadi* Sharpe und *Sitta canadensis* L. *Journal für Ornithologie*, 101, 245-264.
- Löhrl, H. (1961). Vergleichende Studien über Brutbiologie und Verhalten der Kleiber *Sitta whiteheadi* Sharpe und *Sitta canadensis* L. II. *Sitta canadensis*, verglichen mit *Sitta whiteheadi*. *Journal für Ornithologie*, 102, 111-132.
- Lowry W. P. (1966). Apparent meteorological requirements for abundant cone crop in Douglas-fir. *For. Sci.*, 12, 185-192.
- Matthysen, E. (1998). *The Nuthatches*. T & AD Poyser, Londres.
- Perrin de Brichambaut, J. (1989). Quelques observations sur la nidification de la Sittelle corse *Sitta whiteheadi*. *Alauda*, 57, 322-323.
- Peterson R., Mountfort G., Hollom P. A. D., Geroudet P. (1994). *Guide des oiseaux de France et d'Europe* (12^{ème} éd.). Delachaux et Niestlé.
- Rameau J.C., Mansion D., Dumé G., Lecoïnte A., Timbal J., Dupont P., Keller R. (1993). *Flore forestière française – Guide écologique illustré Montagne*. Vol.II, IDF, 2421 p.
- Roman-Amat B., Arbez M. (1988). Pin laricio de Corse et de Calabre quelles provenances choisir ? Le point sur les expériences comparatives de l'I.N.R.A. *Revue forestière française*, 377-388.
- Ruth R.H., Berntsen C.M. (1955). A 4 year record of Sitka spruce and western hemlock seed fall. *U.S.D.A. For. Serv. Pacific NW For. And Range Expt. Sta. Res. Paper*, N°12, 1-13.
- Saïd S. (2000). *Modélisation spatio-temporelle de la dynamique de la végétation dans l'aire naturelle du Pin laricio en Corse*. Thèse Université de Corse, Corte.
- Smith C. C. (1968). The adaptative nature of social organization in the genus of tree squirrels *Tamiasciurus*. *Ecol. Monogr.*, 38, 31-63.
- Smith C. C. (1970). The coevolution of pine squirrels (*Tamiasciurus*) and conifers *Ecol. Monogr.*, 40, 349-371.
- Smith C. C., Fretwell S. D. (1974). The optimal balance between size and number of offspring. *Amer. Natur*, 108, 499-506.
- Smith C. C. et Balda R. P. (1979). Competition among insects, birds and mammals for conifer seeds. *American zoologist*, vol. 19, 1065-1083.

Thibault J.-C. et Bonaccorsi G. (1999). *The Birds of Corsica. An Annotated Check-list*. N°17. British Ornithologists Union, Tring.

Thibault J.-C., Seguin J.-F. et Norris K., 2000. *Plan de restauration de la Sittelle corse*. Direction de la Nature et des Paysages du Ministère chargé de l'environnement.

Thibault J.-C., Seguin J.-F. Villard P. et Prodon R. (2002). Pourquoi le Pin laricio (*Pinus nigra*) est-il l'habitat vital pour la conservation de la Sittelle corse (*Sitta whiteheadi*) ? *Revue d'écologie (Terre et Vie)*, vol. 57, 329-341.

Villard P. et Thibault J.-C., 2001. Données sur les nids, la croissance des poussins et les soins parentaux chez la Sittelle corse (*Sitta whiteheadi* Sharpe, 1884). *Alauda* 69 (4), 465-474.