HAL
archives-ouvertes.fr

Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El-Kala (Nord-Est algérien)

Slim Benyacoub

▶ **To cite this version:**

Slim Benyacoub. Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El-Kala (Nord-Est algérien). Biodiversité et Ecologie. Université de Bourgogne, 1993. Français. <tel-00720020>

HAL Id: tel-00720020

https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00720020

Submitted on 23 Jul 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THESE DE DOCTORAT

présentée à

L'UNIVERSITE DE BOURGOGNE

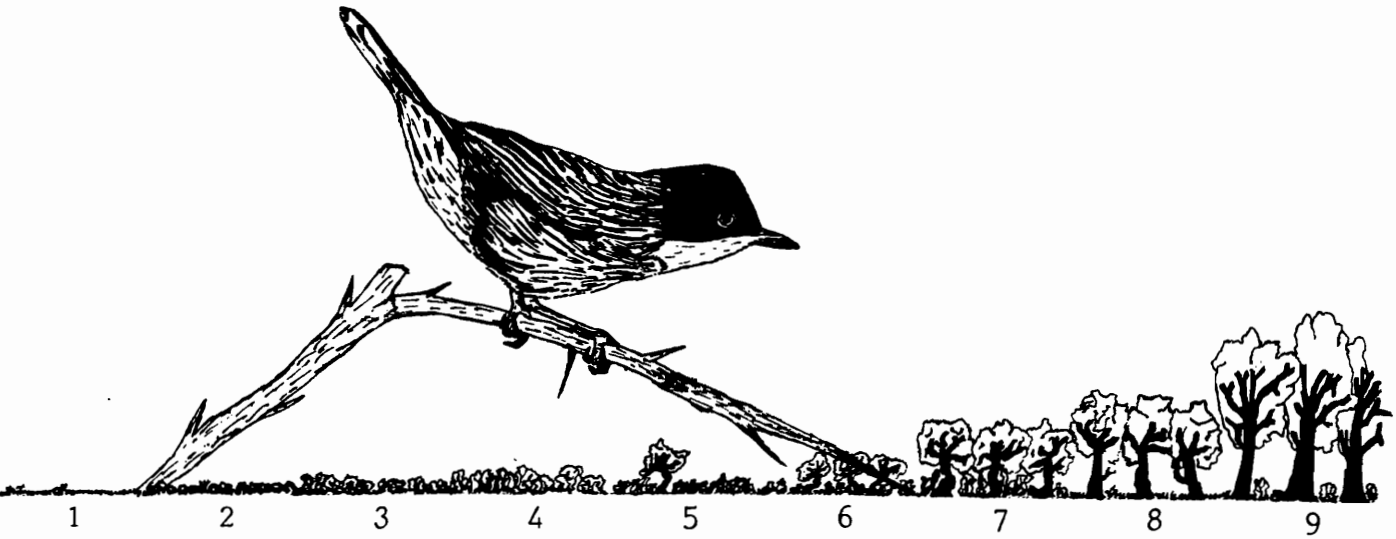
LABORATOIRE D'ECOLOGIE

Par

Slim BENYACOUB

PATRICK GIRAUDOUX

ECOLOGIE DE L'AVIFAUNE FORESTIERE NICHEUSE DE LA REGION D'EL-KALA (Nord-Est algérien)



Soutenue le 16 décembre 1993, devant le jury composé de :

M. Bernard FROCHOT	Directeur de thèse, président
M. Patrick GIRAUDOUX	Co-directeur de thèse
M. Jacques BLONDEL	Rapporteur
M. Michel BOURNAUD	Rapporteur
M. Camille FERRY	Examinateur

PATRICK GIRAUDOUX

PATRICK GIRAUDOUX

THESE DE DOCTORAT

présentée à

L'UNIVERSITE DE BOURGOGNE

LABORATOIRE D'ECOLOGIE

Par

Slim BENYACOUB

ECOLOGIE DE L'AVIFAUNE FORESTIERE NICHEUSE DE LA REGION D'EL-KALA (Nord-Est algérien)

Soutenue le 16 décembre 1993, devant le jury composé de :

M. Bernard FROCHOT	Directeur de thèse, président
M. Patrick GIRAUDOUX	Co-directeur de thèse
M. Jacques BLONDEL	Rapporteur
M. Michel BOURNAUD	Rapporteur
M. Camille FERRY	Examinateur

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....5

INTRODUCTION.....7

CHAPITRE 1 - LE CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE.....11

1 - APERCU DE GEOLOGIE GENERALE.....12

1.1. Le massif de l'Edough.....12
1.2. Les plaines sub-littorales.....13
1.3. Les monts de la Medjerda.....15
1.4. Le cordon dunaire littoral.....16

2 - ELEMENTS DE CLIMATOLOGIE GENERALE.....16

2.1. La température..... 17

2.2. Les précipitations.....18

2.2.1. La pluviosité.....18
2.2.2. La nébulosité.....21

2.3. Les vents.....21

3 - LES BIOCLIMATS ET LA VEGETATION.....22

3.1. L'étage sub-humide à hiver chaud.....25
3.2. L'étage humide à hiver chaud à tempéré.....25
3.3. L'étage humide à hiver tempéré à frais.....27

CHAPITRE 2 - METHODOLOGIE GENERALE.....29

1 - LES MILIEUX ECHANTILLONNES.....29

1.1. Les milieux ouverts.....32

1.1.1. Les pelouses à Asphodelus microcarpus et Urginea maritima.....32
1.1.2. Le maquis bas à Cistus sp. et Chamaerops humilis.....33
1.1.3. Le maquis moyen à Pistacia lentiscus.....33

1.2. Les milieux semi-ouverts.....34

1.2.1. Le maquis haut à Pistacia lentiscus et Quercus coccifera.....34
1.2.2. Le maquis à strate arborée claire de Quercus suber.....34
1.2.3. Le maquis à strate arborée dense de Quercus suber.....35

1.3. Les milieux fermés.....36

1.3.1. La chênaie sempervirente à Quercus suber, avec sous-bois.....36
1.3.2. La chênaie sempervirente à Quercus suber, sans sous-bois.....37
1.3.3. La chênaie caducifoliée à Quercus faginea sp. mirbeckii.....37
1.3.4. La pineraie à Pinus pinaster.....38

1.3.5. L'eucalyptaie à Eucalyptus camaldulensis et Eucalyptus globulus.....39

2 - L'ACQUISITION DES DONNEES.....40

2.1. Méthodes d'échantillonnage de l'avifaune.....40

2.1.1. La méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A.).....40
2.1.1.1. Principe de la méthode, avantages et inconvénients.....41
2.1.1.2. Procédure d'application et remarques méthodologiques.....42

2.1.2. La méthode de cartographie des territoires.....46

2.1.2.1. Généralités.....46
2.1.2.2. Les quadrats échantillonnés.....47

2.2. Méthode de caractérisation du milieu : diagnose de l'habitat.....48

2.2.1. Généralités.....48

2.2.2. Les descripteurs utilisés et la notion d'Eco-Volume Végétal (E.V.V).....49

3 - LES PARAMETRES EMPLOYES ET LEUR UTILISATION : TRAITEMENT DES DONNEES...52

3.1. La richesse totale.....53
3.2. La richesse moyenne.....53
3.3. Homogénéité des peuplements.....53

3.4. La densité.....54
3.4.1. la densité spécifique di.....54
3.4.2. La densité totale D.....54

3.5. La biomasse.....54

3.5.1. La biomasse brute spécifique BBi.....54
3.5.2. La biomasse consommante spécifique BCi.....54
3.5.3. La biomasse brute du peuplement BBp.....54
3.5.4. La biomasse consommante du peuplement BCp.....54
3.5.5. La biomasse brute par espèce BB/sp.....55

3.6. La diversité.....55
3.7. L'équitabilité.....55
3.8. La fréquence d'occurrence.....55
3.9. Le barycentre écologique.....56
3.10. L'amplitude d'habitat AH.....56
3.11. Similitude des peuplements.....56
3.12. Analyse statistique des données.....57

CHAPITRE 3 - RESULTATS PRELIMINAIRES DES SONDAGES PAR I.P.A. ET DES DENOMBREMENTS PAR CARTOGRAPHIE DES TERRITOIRES.....59

1 - RESULTATS DES SONDAGES PAR I.P.A.....59

1.1. Composition et richesse du peuplement à l'échelle du secteur.....59
1.2. Effets du temps d'écoute sur l'échantillonnage.....62

2 - RESULTATS DES DENOMBREMENTS PAR CARTOGRAPHIE DES TERRITOIRES.....65

2.1. Résultats du dénombrement dans le quadrat du Ghorra.....66
2.2. Résultats du dénombrement dans le quadrat de Brabtia.....67
2.3. Résultats du dénombrement dans le quadrat d'El-Frin.....67

3 - CONVERSION DES ABONDANCES RELATIVES EN ABONDANCES ABSOLUES : COEFFICIENTS DE CONVERSION.....68

CHAPITRE 4 - STRUCTURE DES PEUPLEMENTS.....73

1 - CARACTERISATION DES PEUPLEMENTS A L'ECHELLE DU BIOTOPE.....73

1.1. Le peuplement des pelouses à Asphodelus microcarpus et Urginea maritima.....73

1.2. Le peuplement du maquis bas à Cistus sp. et Chamaerops humilis.....77
1.3. Le peuplement du maquis moyen à Pistacia lentiscus.....80

1.4. Le peuplement du maquis haut à Pistacia lentiscus et Quercus coccifera.....83

1.5. Le peuplement du maquis à strate arborée claire de Quercus suber...86
1.6. Le peuplement du maquis à strate arborée dense de Quercus suber....90

1.7. Le peuplement de la chênaie sempervirente à Quercus suber avec sous-bois.....94

1.8. Le peuplement de la chênaie sempervirente à Quercus suber sans sous-bois.....98

1.9. Le peuplement de la chênaie caducifoliée à Quercus faginea.....103
1.10. Le peuplement de la pineraie à Pinus pinaster.....108

1.11. Le peuplement de l'eucalyptaie à Eucalyptus globulus et Eucalyptus camaldulensis.....111

CHAPITRE 5 - REPONSE DE L'AVIFAUNE LE LONG DE L'ECOCLINE DE VEGETATION.....117

1. DYNAMIQUE DES PEUPLEMENTS A L'ECHELLE DE LA SUCCESSION.....117

1.1. Evolution de la richesse totale.....117
1.2. Evolution de la richesse moyenne.....120
1.3. Evolution de la densité des peuplements.....121
1.4. Evolution de la masse corporelle spécifique.....124

1.5. Evolution de la biomasse brute et de la biomasse consommante des peuplements.....125

1.6. Evolution de la diversité informatique H'.....126
1.7. Evolution de la proportion des espèces migratrices.....127

1.8. Evolution des familles quantifiées en richesse et en biomasse consommante.....129

1.8.1. Evolution des familles quantifiées en richesse.....130
1.8.2. Evolution des familles quantifiées en biomasse consommante.....132

1.9. Evolution des catégories trophiques quantifiées en espèces et en biomasse consommante 135

1.10. Vue générale sur l'évolution de l'avifaune le long de la succession.....137
1.11. Similitudes des peuplements.....142

2 - ETUDE DE LA DYNAMIQUE DE L'AVIFAUNE LE LONG DE LA SUCCESSION PAR L'ANALYSE DES CORRESPONDANCES : SYNTHESE GENERALE. DISCUSSION.....143

CHAPITRE 6 - LA REGION D'ANNABA - EL-KALA DANS LE CONTEXTE PALEARCTIQUE OCCIDENTAL : CONSIDERATIONS ECOLOGIQUES ET BIOGEOGRAPHIQUES.....163

1 - RECHERCHE DU COMPROMIS DE STRUCTURE INTER-STRATE.....168
2 - RECHERCHE DU COMPROMIS DE STRUCTURE INTER-REGION.....173

3 - ANALYSE BIOGEOGRAPHIQUE DE L'AVIFAUNE FORESTIERE NICHEUSE DE LA REGION D'ANNABA - EL-KALA.....178

4 - ELEMENTS DE PALEO-BIOGEOGRAPHIE DE L'AVIFAUNE MEDITERRANEENNE.....182

5 - LE MAGHREB EST-IL BIOLOGIQUEMENT UNE ILE ? 185

5.1. L'argument spécifique.....186
5.2. L'argument dynamique.....187
5.3. L'argument démographique.....189

CONCLUSION GENERALE.....191

BIBLIOGRAPHIE.....197

ANNEXE 1 : Analyse Canonique des Correspondances et relations avifaune-végétation.....203

ANNEXE 2 : Analyses des correspondances sur un cube de données.....236

ANNEXE 3 : Photographies.....268

ANNEXE 4 : Localisation des sites d'échantillonnage 273

ANNEXE 5 : Tableau des relevés bruts 274

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma grande reconnaissance au Professeur Bernard FROCHOT pour m'avoir ouvert les portes du laboratoire d'écologie de l'université de Bourgogne, en acceptant de diriger mon travail. Je lui suis d'autant plus reconnaissant pour la confiance qu'il m'a témoignée, que le terrain d'étude et le candidat que j'étais alors, lui étaient "terra incognita".

Le Docteur Camille FERRY m'a souvent accueilli en son domicile à Etaules lors de mes visites à Dijon. J'y ai découvert une riche et précieuse documentation, un homme attentif à mes propos ; dont les conseils et recommandations sont aujourd'hui ceux que je prodigue à mes propres étudiants. Je lui exprime mes plus vifs remerciements pour son accueil et ses encouragements.

Sans l'aide de Daniel CHESSEL, l'essentiel de ce travail n'aurait pas été accompli. Il a investi une partie de son précieux temps à effectuer le traitement statistique de mes données. Collaborer avec lui a été à la fois difficile, pour le néophyte peu rompu aux techniques des analyses multivariées, que je suis, et un plaisir pour la qualité des enseignements dont j'ai bénéficiée. Je lui en exprime toute ma reconnaissance.

Les écrits de Jacques BLONDEL ont été déterminants pour ma culture et ma formation d'ornithologue. Je suis honoré qu'il accepte de juger mon travail.

Le Professeur Michel BOURNAUD a accepté d'examiner et de juger la présente thèse. Je l'en remercie vivement.

Corriger, commenter, critiquer un travail dans un laps de temps très court et à 1500 km de distance, relève d'un exercice de haute voltige. Patrick GIRAUDOUX a accepté de le faire avec beaucoup de disponibilité et d'enthousiasme malgré ses multiples obligations. Son sens aigu de la démarche scientifique et sa clairvoyance m'ont été très précieux. Discuter avec lui a toujours été un plaisir renouvelé, même par le biais du téléphone ou du fax. Je le remercie d'avoir accepté de co-diriger avec Bernard FROCHOT mon travail.

Les membres du C.E.O.B. et le personnel du laboratoire d'écologie de l'université de Bourgogne m'ont toujours témoigné leur sympathie et leur disponibilité.

Je remercie Bruno FAIVRE et Jacques CUISIN pour la précieuse documentation qu'ils n'ont jamais manqué de me faire parvenir à chaque fois que je leur en faisais la demande. Je remercie également Madame Gilberte JAMAIS pour sa gentillesse et sa disponibilité.

Jean ROCHE et Nicole YAVERKOWSKI m'ont fait le plaisir de réaliser avec moi les tous premiers I.P.A. à El-Kala. Ils n'ont pas ménagé leurs efforts pour me procurer une documentation difficilement disponible. Qu'ils trouvent ici l'expression de toute ma gratitude.

Mes collègues Yacine CHABI, Gérard de BELAIR, Boudjema SAMRAOUI ont toujours été à mes côtés, malgré leurs occupations, pour m'encourager à aller de l'avant au moment où le poids de difficultés diverses commençait à sérieusement entamer l'enthousiasme des premiers jours. Ils n'ont pas ménagé leurs efforts pour m'aider à installer mes quadrats et se sont souvent poliment pliés à l'obligation d'assister à quelque interminable discussion sur le bien-fondé de telle approche ou celui du choix de tel descripteur. Je les remercie de tant d'efforts.

Youcef DOUMANDJI m'a trés aimablement réalisé une grande partie des figures.

Salima BENHOUHOU et Raouf BOULEHBEL ont réalisé, quasiment à la main, une longue série de calculs fastidieux. Qu'ils trouvent ici l'expression de mes plus vifs remerciements.

Je remercie également RAFIK BABAHMED, ancien directeur du parc national d'El-Kala, pour les facilités de mouvement qu'il m'a accordées au sein du territoire du parc.

Mes parents ont suivi avec beaucoup d'intérêt ce travail. Ils m'ont prodigué encouragement et... aide financière. Je leur exprime en même temps que mon affection, ma profonde gratitude. Ce travail leur est dédié en même temps qu'à mon épouse Lamia et mes enfants Abderrahmène et Aïda à qui je demande de pardonner mon indisponibilité de ces dernières années.

INTRODUCTION

L'Algérie s'ouvrit aux premiers naturalistes quelques années après le débarquement du corps expéditionnaire français en 1830. La grande étendue du territoire, dont le désert du Sahara représente près de 80 % de la superficie, un manque de voies de communication et une certaine insécurité, ont contribué à la lenteur de l'exploration ornithologique de ce pays.
Jusqu'à une date récente, les études sur l'avifaune d'Algérie se sont limitées à des inventaires locaux, assortis de quelques tentatives de délimitation d'aires spécifiques de répartition.
C'est à partir de la moitié du 19ème siècle que celles-ci débutèrent avec les travaux de Bonaparte (1841), Malherbe (1842), Loche (1858) et Harter (1928) cités par Heim de Balzac (1936), pour ne citer que les principaux auteurs. Ce furent surtout les contrées désertiques qui attirèrent les naturalistes, à cause du caractère exotique et peu connu de leur avifaune, par rapport à celle du nord de l'Algérie, dont le caractère boréal, en faisait pour des européens, un sujet moins original.

Le 20ème siècle fut marqué par les travaux de Heim de Balzac (1925-1936), dont l'approche biogéographique de la faune d'Afrique du Nord, constitue sans nul doute, le premier travail de fond pour la région.
Ce travail fut poursuivi en collaboration avec Mayaud (1962) et a abouti à l'élaboration du premier ouvrage synthétique sur les oiseaux du Nord-Ouest de l'Afrique.
A l'indépendance du pays, Echecopar et Hue (1964) ont réalisé le premier véritable guide des oiseaux d'Afrique du Nord, qui reste un ouvrage de référence important.
Depuis cette période, les travaux d'ornithologie connurent une certaine torpeur.

Peu d'algériens se sont consacrés, après l'indépendance du pays, aux sciences de terrain et plus particulièrement à l'étude des oiseaux, étant vrai que les priorités, en matière de formation des cadres, étaient toute autre.
Cependant, la découverte de la Sitelle kabyle (Vielliard, 1976a) relança l'intérêt pour l'ornithologie algérienne. Redynamisée par un groupe d'ingénieurs agronomes belges et algériens, enseignants à l'Institut National Agronomique d'Alger, elle fut surtout vouée à l'observation et au dénombrement des oiseaux d'eau sous l'égide du Bureau International pour la Recherche sur les Oiseaux d'Eau (B.I.R.O.E.).
Placée sur d'importantes voies de migration des oiseaux de l'ouest paléarctique, l'Algérie constituait de ce fait, un terrain d'étude très intéressant. Plusieurs de ses sites humides, notamment ceux de l'est, dans la région d'El-Kala, ont été classés sites d'importance internationale pour les oiseaux d'eau, selon les critères de la convention de Ramsar (Chalabi, 1990).
Si les travaux consacrés aux oiseaux d'eau ont connu un certain essor, dans la mesure où ils s'inscrivaient dans un contexte international et faisaient l'objet de quelqu'aide financière ou matérielle,

il n'en fut pas de même pour les oiseaux forestiers. Ceux-ci, plus difficile d'accès sur le plan méthodologique (dénombrement) ou taxonomique (identification), ne suscitèrent que peu de vocations sur le terrain.
En fait, c'est à l'échelle du Maghreb que les recherches en ornithologie forestière font défaut , à part l'étude de Thévenot (1976) dans l'Atlas marocain.

Certes, de nombreuses observations, très utiles, ont été ponctuellement réalisées par de nombreux observateurs (Arnould, 1961 ; Dupuy, 1966a ; Haas, 1969 ; Schoenenberger, 1972 ; Le Fur, 1975 ; François, 1975b...) mais très peu de travaux furent réellement consacrés à l'écologie de l'avifaune forestière. Dans un contexte d'indigence en matière de documentation, et de carence en matière d'encadrement spécialisé, quelques courageuses tentatives furent néanmoins réalisées dans le cadre de mémoire d'ingénieur (Ounada, 1987 ; Bazi, 1988 ; Nour, 1989...).
Depuis un peu moins de 10 ans, quelques universitaires algériens se consacrent à ce que l'on peut désigner comme une nouvelle science de terrain en Algérie.
C'est généralement par le biais de conventions de recherche passées avec les parcs nationaux, que les études d'ornithologie forestière ont débuté.
Consacrées au départ à un simple inventaire de la richesse faunistique, elles se sont, peu à peu étoffées par la mise en place de problématiques de recherche récentes, grâce à des contacts et des échanges inter-universitaires avec l'Europe.

C'est dans le cadre de ces échanges, que depuis 1989, une étude est menée dans les milieux forestiers de la région d'Annaba - El-Kala. Elle s'est renforcée depuis 1991 par une problématique relative à l'écologie de la reproduction des mésanges (Chabi, thèse d'Etat à paraître).
Cette étude sur l'écologie des oiseaux forestiers nicheurs, vise un tripe objectif :

- Le premier est de fournir aux gestionnaires du parc national d'El-Kala, les éléments d'une connaissance de l'avifaune forestière nicheuse des milieux les plus représentatifs du paysage forestier (sensu lato) de la région.
Nous avons pour cela, sélectionné 11 types de milieux à partir d'une stratification basée sur le critère de la hauteur et du recouvrement de la végétation, et en avons décrit d'emblée les peuplements respectifs d'oiseaux. Cette approche correspond à la perception du milieu par le forestier ou le phytoécologue. Elle fait l'objet du chapitre 4.

- Le second objectif s'inscrit dans la problématique relative à l'évolution des écosystèmes et les relations végétation - avifaune qu'elle sous-tend.
Depuis les travaux des anglo-saxons (Lack, 1951 ; Mac Arthur, 1961 ; Odum, 1971...) et des français (Ferry et Frochot, 1970 ; Frochot, 1971 ; Blondel, 1975), il est solidement établi que la physionomie de la végétation influe directement sur la structure des communautés d'oiseaux. Elle détermine leur composition, leur richesse et leur abondance selon des modalités en rapport avec la notion de niche

écologique. De nombreux travaux ont étayé ces observations et vérifié les hypothèses émises dans ce cadre (Haapanen, 1966 ; Glowacinski, 1975 ; Blondel et al., 1973 ; Thévenot, 1976 ; Muller, 1985 ; Rocamora, 1987 ; Prodon, 1988...). C'est à la suite de ces travaux que nous nous proposons, dans cette étude, d'analyser la dynamique de l'avifaune le long d'une succession de végétation, représentée par la série du Chêne-liège. Elle correspondra à la perception du milieu par l'avifaune et proposera une vision alternative de la mosaïque d'habitat, à travers la réponse des oiseaux aux modifications de leur biotope.
Nous proposerons également un modèle prédictif de la structure des peuplements d'oiseaux, en fonction du degré de complexité de la végétation. Cette analyse fait l'objet du chapitre 5.

- Le 3ème objectif est relatif à la place de la région étudiée, et par extension, le Maghreb forestier, dans le contexte paléarctique occidental. Cette région est à la lisière sud de la partie occidentale de la zone paléarctique. Elle est de surcroît, dans une position charnière entre cette zone et la grande étendue du domaine éthiopien ; duquel elle est séparée par la ceinture érémienne.
Insularisée par la Méditerranée au nord, l'océan Atlantique à l'ouest, et le Sahara au sud et à l'est, il était tentant d'y voir le siège d'une dynamique particulière de l'avifaune.
Nous avons pour cela, comparé les résultats de notre étude à ceux d'études similaires réalisées en Europe continentale et méditerranéenne. Cette comparaison doit nous permettre d'une part, de vérifier si la dynamique de l'avifaune d'une succession de végétation en Algérie est comparable à celle d'une succession homologue en Europe ; d'analyser d'autre part, les causes d'une éventuelle dissemblance et/ou ressemblance entre ces successions et la nôtre à travers la distribution des espèces dans les stades successionnels. Cette analyse fait l'objet du chapitre 6.

CHAPITRE 1
LE CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

L'échantillonnage avifaunistique réalisé dans le cadre de cette étude, a eu pour décor deux ensembles structuraux. L'un, est constitué d'un massif montagneux bien individualisé, le massif de l'Edough à l'ouest de la ville d'Annaba. Le second est un système confus fait de l'emboîtement complexe de vallées, de collines et de basses montagnes faisant partie du système orographique de la Medjerda aux confins nord algéro-tunisiens.

Ces deux ensembles structuraux sont localisés à l'extrême nord-est du Tell algérien et forment la zone que nous appellerons la région d'Annaba-El-Kala, par seul souci de délimitation spatiale.

Ainsi délimitée, cette région se présente grossièrement comme un couloir d'une cinquantaine de kilomètres de long, constitué d'une plaine alluviale orientée approximativement ouest-est, d'une vingtaine de kilomètres de large dans sa partie ouest, tendant à se rétrécir très fortement vers l'est pour ne subsister que sous l'apparence de petites plaines de quelques kilomètres voire quelques centaines de mètres de large au niveau des villages de Bouteldja et Aïn El-Assel. (Fig. 1).

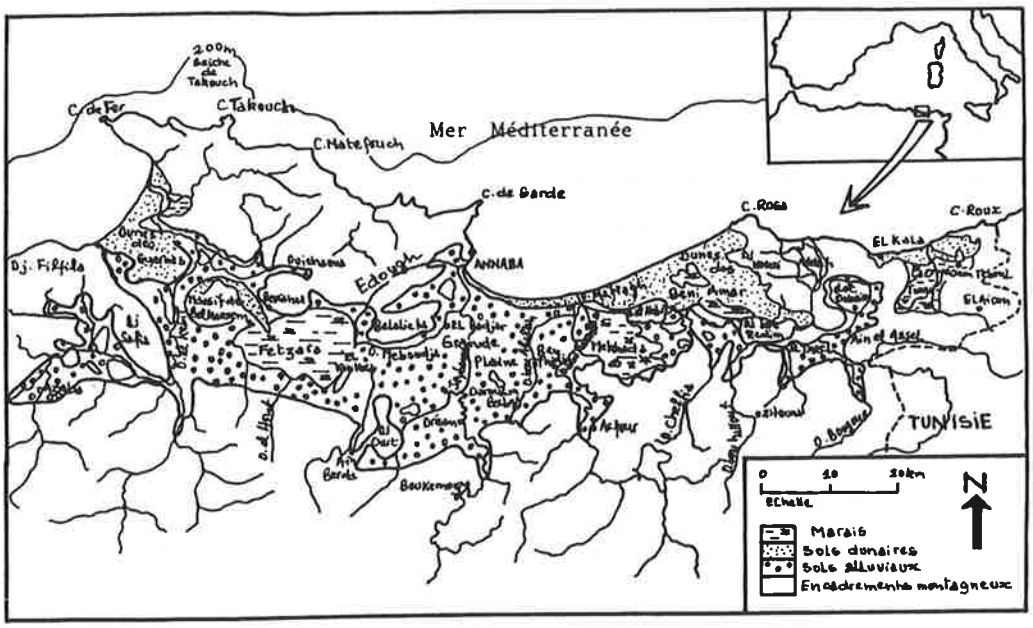


Figure 1 : Localisation générale de la zone d'étude

Ce couloir alluvial sub-littoral, mis en place au quaternaire (Joleau, 1936), est quasiment enchassé, si ce n'était l'étroit couloir vers le sud-est que constitue la plaine de Kharezza, dans un système orographique constitué par le massif de l'Edough à l'ouest, les monts de la Medjerda au sud et à l'est et enfin au nord, sur pratiquement tout le long du littoral d'Annaba à El-Kala, par un cordon dunaire pouvant atteindre 110 mètres de haut, entrecoupé par des promontoires gréseux au niveau du Cap Rosa à l'ouest d'El-Kala et au niveau du Cap Segleb à l'est de cette même ville.

L'apparente cohésion et unité structurale que présente l'ensemble décrit, notamment grâce à l'alignement parallèle des différents éléments remarquables qui le composent : le cordon dunaire au nord, la chaîne des monts de la Medjerda au sud et la plaine alluviale au centre ; cache en fait une complexité géologique et géomorphologique qui trouve son origine dans les différentes phases de l'histoire tectonique de la région à laquelle s'est ajouté l'effet d'une érosion intense qui a affecté les reliefs de manière déterminante Marre (1987) in de Belair (1990).
Deux phases principales ont imprimé à la région les grands traits de son relief. Les surrections alpines au tertiaire qui ont été à l'origine de l'alignement général ouest-est par friction de la plaque africaine contre la plaque eurasiatique ; des phénomènes de torsions, par mouvements transverses au quaternaire qui ont fait obliquer vers le nord-est les parties orientales des chaînes telliennes méridionales et qui ont constitué les massifs de la Medjerda.

A ces phénomènes tectoniques généraux, la lithologie et l'importante pluviométrie de la région sont venues parachever, par l'érosion des reliefs, la constitution d'un des plus importants complexes de zones humides du Maghreb, le modelage physiographique qui fait toute l'originalité de cette partie du nord-ouest africain.

1 - APERCU DE GEOLOGIE GENERALE :

1.1. Le massif de l'Edough :

Culminant à 1008 mètres, l'Edough est un massif cristallin faisant partie des plis numidiques d'Afrique du Nord. Grossièrement orienté ouest-nord-ouest - est-sud-est, il mesure environ cinquante kilomètres de long sur huit de large et sépare la Méditerranée des plaines sub-littorales du sud-ouest d'Annaba.
Son isolement des chaînes montagneuses de Filfila à l'ouest lui confère l'aspect d'une île ; ce qu'il serait surement si une transgression marine venait à envahir la plaine sublittorale dont la côte maximale ne dépasse pas trente mètres.

Géologiquement trois unités principales caractérisent ce massif (Fig. 2) Tomas (1977). Au sud-est, un bloc cristallin constitué de gneiss du djebel Edough au sens strict. Au centre, une masse constituée d'argiles et de grés numidiens datée de l'Eocène supérieur. Enfin au nord-ouest, des affleurements de roches éruptives constituées de rhyolithes et microgranites de la région du Cap de Fer et Chetaïbi que l'on retrouve au sud-est au djebel Bou-Genna connu également sous le nom de "Pain de Sucre".

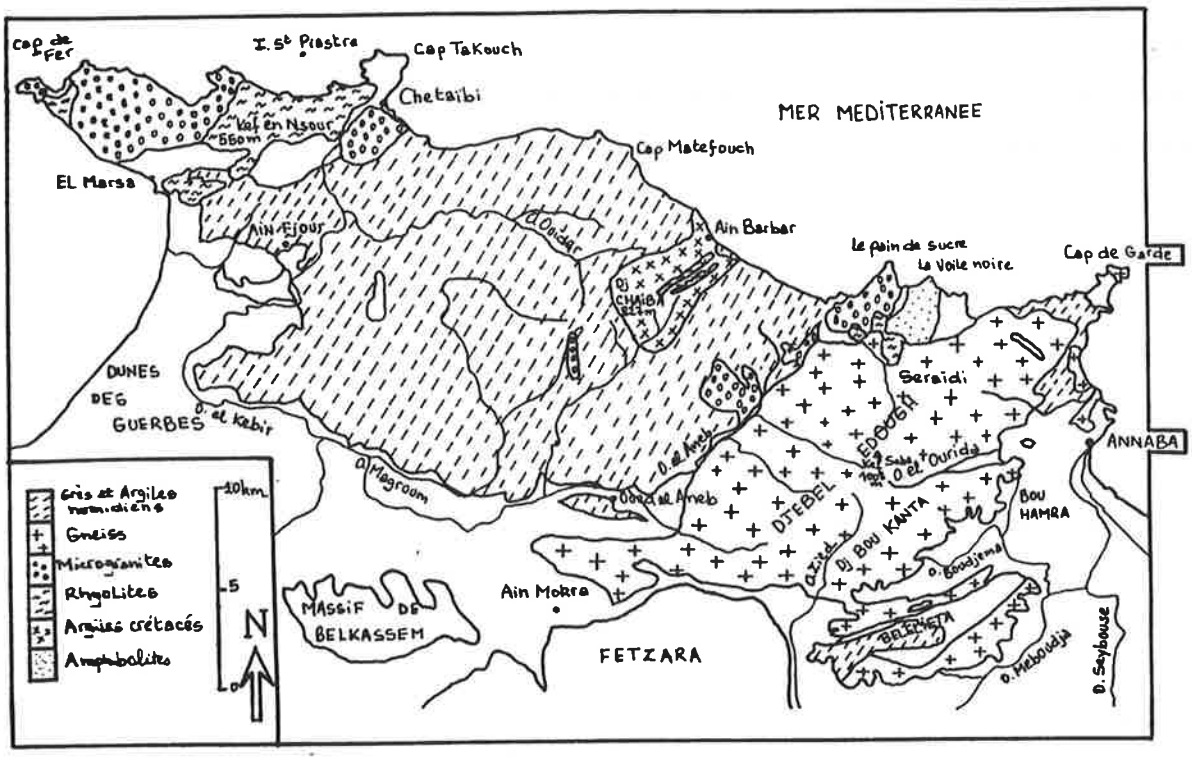


Figure 2 : Croquis géologique du massif de l'Edough. (D'après Tomas, simplifié).

L'orientation générale du massif et sa position littorale ont pour corollaire une forte pluviosité qui peut atteindre 1100 mm grâce aux perturbations atmosphériques du nord-ouest qui viennent frapper de plein fouet son versant nord. Le résultat de cette situation se lit sur un paysage aux pentes fortement accusées, disséqué en de nombreux talwegs, au relief parfois heurté par l'apparition de pitons de roche dure dégagée par l'érosion.

1.2. Les plaines sub-littorales :

Si l'on tient compte de l'ensemble de l'unité géomorphologique que constituent les plaines sub-littorales, on déborde largement vers l'ouest les limites de la zone d'étude définie en supra. En effet, c'est à partir de la ville d'Azzaba à soixante dix kilomètres à l'ouest d'Annaba que ces plaines prennent naissance, pour se terminer à cent quarante kilomètres plus à l'est, près de la frontière tunisienne. Afin de ne pas surcharger outre mesure le texte, nous nous contenterons d'en brosser les traits structuraux essentiels.

Deux conditions principales ont prévalu à la mise en place des plaines sub-littorales de la région : une orographie importante assortie d'une lithologie propice à sa mobilisation par érosion hydrique et l'existence d'un réseau hydrographique dense alimenté par une pluviométrie généreuse.
Ainsi, à partir de la ceinture des djebels faisant partie, à l'ouest, de la chaîne numidique et, à l'est, des monts de la Medjerda, s'est constitué un réseau hydrographique dont les dépôts successifs ont constitué et alimentent encore la plaine d'Annaba au sens large.

Ce réseau est construit autour de quatre principaux oueds (rivières) : L'oued Kebir (ouest)[1] et ses affluents, pour la partie occidentale, c'est-à-dire la plaine des Radjeta[2] et des Senhadja[2] à l'ouest du massif de l'Edough.
Si la plaine des Redjeta, relativement relevée par rapport au niveau de la mer, est bien drainée, il n'en est pas de même pour celle des Senhadja dont la série de cuvettes interdunaires forment un complexe de retenues d'eau plus ou moins permanentes, envahies de végétation et entre lesquelles l'oued Kebir (ouest) se fraye un cheminement laborieux. C'est d'ailleurs grâce à ces marais que cette région présente une certaine analogie avec celle d'El-Kala.

L'oued Seybouse qui draine la partie centrale de la plaine, c'est-à-dire la plaine d'Annaba au sens strict. A cette partie centrale, on rattache enfin la plaine de Ben M'hidi, à l'est d'Annaba, qui s'étale jusqu'à sa limite naturelle que constituent les collines du djebel Koursi et qui est drainée par le système hydrographique oued Bounamoussa et oued Kebir (est)[1].

Les vastes marais, de plus de dix mille hectares de la Mekkada, à l'est d'Annaba, constituent un hiatus important dans cette partie de la plaine sub-littorale. Celui-ci a d'ailleurs toujours conditionné l'action de mise en valeur que les hommes ont exercée dans cette zone.

Cet obstacle récalcitrant à l'expansion des activités humaines, notamment l'élevage et l'agriculture (jusqu'à nos jours, à la grande satisfaction des ornithologues..) a été à l'origine de la mise en valeur préférentielle de la partie sud-est, sud et sud-ouest de la plaine. C'est à partir de l'implantation coloniale française dans la région, vers 1850, que des opérations d'assainissement et de drainage, sans grand succès par ailleurs, furent entreprises pour gagner difficilement quelques terres sur les marais, en même temps qu'était conduite l'expropriation et autre séquestre de celles des tribus locales.

Riche en limons fertiles charriés par les eaux des oueds, bénéficiant de possibilités d'irrigation en période estivale grâce aux retenues d'eau en amont, cette partie de la plaine d'Annaba au sens large a toujours connu une certaine prospérité par la pratique des cultures intensives du coton, de la vigne, du tabac et de la tomate entre autres.

Outre le caractère marécageux de la Mekkada, la nature des sols constitue une des raisons de sa faible exploitabilité. En effet, ceux-ci sont surtout des solontchaks et des sols à alcali, très lourds, à cause de leur haute teneur en argile (S.E.T.H.Y.C.O, 1977). De plus, un phénomène de subsidence (Marre, 1987) et l'existence d'un seul exutoire à travers le cordon dunaire littoral pour les oueds qui alimentent les marais, vouent à l'échec toute tentative d'assèchement de la zone.
La partie orientale de la plaine alluviale se distingue des deux autres par la réduction de sa surface concomitamment à l'élargissement du cordon dunaire.

(1) Plusieurs oueds sont connus sous le nom de "kébir" d'où la nécessité dans une même région de préciser leur position
(2) Anciennes tribus de la région.

Elle se réduit en fait, à l'est du djebel Koursi et du Bou-Redim, à une série de petites vallées que draine l'oued Kébir (est). C'est à partir de là qu'une multitude de cuvettes et dépressions inter-collinaires, occupées par des lacs et des étangs de toutes tailles, sur un substrat essentiellement fait de grés et d'argiles de Numidie, vont donner à la région, dite d'El-kala au sens strict, son cachet très particulier. L'ensemble de cette région orientale est érigée par ailleurs en parc national depuis 1983.

1.3. Les monts de la Medjerda :

Assimilés à la formation kroumire en Tunisie en raison de l'affleurement des grés et argiles numidiens, les monts de la Medjerda constituent un socle sédimentaire caractéristique du Tell oriental. C'est, en effet, dans cette région que les dépôts numidiens deviennent la caractéristique lithologique principale des reliefs. Ces monts, dont les lignes de crête sont approximativement orientées ouest-sud-ouest - est-nord-est, ont subi des phénomènes de torsion qui ont brutalement incurvé leur direction générale vers le nord-est. C'est sur les lignes sommitales de ces montagnes quasiment perpendiculaires à l'orientation générale du relief, que court le tracé de la frontière algéro-tunisienne.
On observe par ailleurs, des prolongements vers la mer de ce mouvement du relief vers le nord en deux points particuliers : Le cap Rosa et le Cap Segleb.

Culminant à 1202 mètres au djebel Ghorra, le relief de la région qui nous intéresse, c'est-à-dire en gros, le territoire du parc national d'El-Kala, se caractérise par un pendage important. En effet, 9 % de pentes faibles, 11 % de pentes moyennes et 80 % de pentes fortes à très fortes (pendage supérieur à 20 %) (B.N.E.D.E.R, 1992), constituent un trait majeur de la physionomie d'un paysage montagneux. Celui-ci est également fortement disséqué par un chevelu hydrographique dense, alimenté par une pluviométrie abondante en période hivernale (jusqu'à 1200 mm par an) mais également par de nombreuses résurgences de nappes suspendues sur les couches d'argiles, donnant naissance à autant de sources, d'inégal débit certes, mais relativement permanentes et très appréciées des hommes comme des animaux durant la saison sèche qui est, comme nous le verrons, également chaude.

A proximité de la frontière et au sud de l'arrière pays d'El-Kala, apparaissent des formations marneuses d'origine érosive datant du Crétacé ou de l'Eocène.
Ce phénomène suggère un fort démantèlement du relief originel par une érosion intense dont les traces sont encore aujourd'hui visibles (Tomas, 1977).

Si on se limite à la zone échantillonnée, c'est-à-dire en gros, le périmètre du parc national, dans notre région d'étude, on peut distinguer selon une ligne qui partirait du littoral et se dirigerait vers le sud : des formations collinaires basses, dunaires ou non, de trente à trois cent dix mètres de haut (djebel Koursi) avec une moyenne de cent mètres de haut. Ces collines basses s'étirent sur une quinzaine de kilomètres vers le sud et s'interrompent au niveau de l'étroite vallée de l'oued Kébir (est) dans laquelle est tracée la route nationale 44 reliant Annaba à la frontière tunisienne. De grandes dépressions

intercollinaires hébergent, dans cet ensemble, les principaux lacs de la région : les lacs Tonga, Oubeira et Mellah.

Au delà de la vallée du Kébir (est), plus au sud, le relief est plus heurté et croit régulièrement jusqu'à 1202 mètres d'altitude au djebel Ghorra qui est le point culminant de la région.

En définitive, le long d'une coupe nord-sud, le relief passe de 0 à 1200 m d'altitude en moins de 40 kilomètres. C'est dans ce contexte que la plus grande partie des relevés d'avifaune ont été réalisés.

1.4. Le cordon dunaire littoral :

Orienté ouest-sud-ouest - Est-nord-est, ce cordon de plus de 40 kilomètres de long s'apparente à un véritable massif dunaire à mesure que l'on se rapproche de sa partie orientale. En effet, de quelques centaines de mètres de large au niveau du village côtier de Sidi-Salem à 10 kilomètres à l'est d'Annaba et pour une hauteur de 20 mètres, il s'élargit considérablement au niveau du djebel Koursi pour atteindre une vingtaine de kilomètres de large et des hauteurs de plus de 100 mètres. Ce massif dunaire s'interrompt au pied du djebel Koursi et de son prolongement marin le cap Rosa, pour réapparaître au niveau de la ville d'El-Kala et s'interrompre une seconde fois au niveau du cap Segleb.

Nous pouvons identifier, selon la division proposée par Joleaud (1936), quatre degrés de formation dunaire, de la mer vers l'intérieur des terres : La plage à sable blanc et les dunes littorales dans la partie occidentale. Au fur et à mesure que le cordon s'élargit, plus à l'est, des degrés supplémentaires se rajoutent ; les dunes sub-littorales à sable gris et enfin les dunes intérieures à sable rougi par les dépôts d'oxyde de fer. On reconstitue en fait, de la mer vers l'intérieur des terres, un gradient de degrés de fixation ou de fossilisation des dunes. Les dunes mortes étant les plus anciennes donc les plus éloignées de la mer, sont colonisées par une végétation dense où l'élément dominant est le Chêne kermès Quercus coccifera. Bien stabilisées même en cas de destruction de la couverture végétale par le feu, elles sont remises en mouvement lorsque l'homme y intervient, malheureusement de plus en plus souvent, par l'exploitation immodérée du sable et la destruction de tout le chevelu racinaire profond qui constitue leur principal élément de cohésion.

2 - ELEMENTS DE CLIMATOLOGIE GENERALE :

Les données fragmentaires sur la climatologie de la région ne permettent malheureusement pas de dresser un tableau détaillé des conditions climatiques qui y règnent. Si le mésoclimat reste connu dans ses grands traits, il reste que bien des faits, tels que la nature et la répartition de la végétation par exemple, ne peuvent s'expliquer que par la présence d'un climat plus localisé (microclimat ?) dont nous ne possédons aucune caractéristique faute d'un réseau plus dense d'installations météorologiques. En effet, dans une région où les reliefs jouent selon leurs positions le rôle d'ombre ou d'"aimant" pluviométrique, où les zones humides en tamponnant localement l'atmosphère, réduisent le caractère xérique de la période estivale, où d'une manière générale, la plus petite variation du facteur limitant que constitue l'humidité se répercute immédiatement sur la végétation, il est pour le moins frustrant de n'avoir à sa disposition que des données très générales.

En dépit de ces lacunes, il est néanmoins possible, sur la base d'un dépouillement de données anciennes complétées par des mesures plus récentes, de dresser les grandes lignes d'un climat régional dont le moins que l'on puisse dire est qu'il est localement très nuancé.
Un important et précieux travail d'enquête et de dépouillement a déjà été réalisé par de Belair (1990). Nous puiserons donc largement dans ses propos pour illustrer cette partie.

2.1. La température :

De nombreux facteurs influent sur ce paramètre. Les deux plus importants sont l'altitude et la latitude. L'altitude provoque, en général, une diminution de la température de l'ordre d'un demi degré Celsius par élévation de 100 mètres, alors que la latitude provoque une diminution de 0,6°C par degré de latitude nord ou une augmentation de la même grandeur par degré de latitude sud ; du moins dans la région considérée (Ozenda 1954).
Ces deux facteurs sont déterminants à l'échelle d'un macroclimat. A plus grande échelle*, il est impératif, surtout lorsque la région présente une grande diversité physiographique, de tenir compte de l'orientation et l'exposition des reliefs, de l'éloignement à la mer, voire de la réverbération au sol et de la couverture végétale (Daget, 1977).
L'analyse de la température sera basée sur les données fournies par les stations météorologiques d'Annaba les Salines, de Ben M'hidi, de Séraïdi et d'El-Kala.
D'une manière générale, la température situe la région dans le méditerranéen chaud ; avec une amplitude thermique élevée entre les extrema les plus froids "m" et les plus chauds "M".
Les températures les plus basses sont naturellement enregistrées en altitude durant l'hiver au djebel Edough et djebel Ghorra, avec pour le premier 06 mois de risques de gelée blanche. Bien que les données fassent défaut pour le Ghorra, il semblerait que la température y soit en moyenne plus basse en hiver et plus chaude en été par l'effet de continentalité.
Au niveau de la mer, les températures descendent très rarement au dessous de 0°C. L'effet de continentalité se fait très légèrement sentir en plaine, vers Ben M'hidi, sans pour autant provoquer de baisses notables du mercure. Cependant, quelques rares risques de gelée sont signalés certaines années.
Un des aspects les plus intéressants qui caractérise la température dans la région, est l'augmentation de sa moyenne d'ouest en est. En effet, le maximum absolu a été enregistré à El-Kala avec 49,4°C en août alors que le minimum absolu n'y a été que de 0,6°C. (Tableau 1).

TABLEAU 1

STATIONS	m"	m	(M+m)/2	M	M"
- Séraïdi	- 4.0	10.7	13.8	16.9	39.0 (août)
- Annaba-Port	- 0.1	13.9	17.9	22.0	46.0 (août)
- Ben M'hidi	- 0.9	12.0	18.1	24.1	46.4 (août)
- El-Kala	+ 0.6	14.6	18.6	22.6	49.4 (août)

m" = minimum absolu - m = minimum annuel moyen - M" = maximum absolu - M = Maximum annuel moyen (d'après De Belair 1990)

* Au sens des cartographes

Les mois les plus froids sont janvier et février alors que juillet et août sont les plus chauds. C'est pendant cette période que sont enregistrées les températures maximales, coïncidant généralement avec l'apparition du sirocco. Chaleur, vents et poussière confèrent alors à la région un aspect plutôt malsain.

C'est durant les inter-saisons que les températures sont les plus douces. Les mois d'octobre et novembre, et surtout, avril et mai, connaissent alors un foisonnement de vie très spectaculaire.
Nous retiendrons, en définitive, qu'un net gradient de température se met en place depuis le niveau de la mer jusqu'au sommet des djebels Ghorra et Edough.
Ce gradient est d'autant plus spectaculaire qu'il se réalise sur des distances relativement courtes et, comme nous le verrons plus loin, ne sera pas sans conséquences sur la végétation.

2.2. Les précipitations :

Trois types de précipitations caractérisent le climat de la région :

- La pluie, de loin le plus important, présente un régime typiquement méditerranéen, avec une saison humide de novembre à avril où le bilan hydrique est positif, et une saison sèche de mai à octobre où le même bilan est négatif.

- La neige, dont l'apparition se fait au mois de janvier et février sur les sommets et qui peut descendre jusqu'à 700 mètres d'altitude. En raison de son caractère irrégulier et surtout peu déterminant sur les processus généraux de répartition des organismes dans la région, nous n'en tiendrons pas compte.

- La nébulosité, dont la proximité de la mer, l'importance des zones humides et une température atmosphérique moyenne élevée, favorisent la présence et le maintien à des taux élevés. Son rôle est surtout important durant la saison sèche car elle tamponne quelque peu les conditions de déficit hydrique qui règnent alors.

2.2.1. <u>La Pluviosité</u> :

Deux phénomènes météorologiques principaux conditionnent la pluviosité de la région : les perturbations cycloniques d'origine atlantique, de l'ouest et du nord-ouest qui, après avoir traversé l'Espagne et une partie de la Méditerranée, affectent le littoral nord-est algérien de Béjaïa à El-Kala, et les dépressions qui prennent naissance en Méditerranée occidentale, généralement centrées dans le périmètre golfe de Gênes - Corse - Sardaigne. Ce second phénomène n'affecte en général que la partie orientale du Tell algérien et est à l'origine de son statut de région la plus humide d'Algérie avec une moyenne annuelle de 865 mm par an.

Selon Seltzer (1946), les pluies sont, en Algérie, surtout "d'origine orographique".
Le gradient altitudinal de température conditionne donc la pluviosité laquelle épouse grossièrement les courbes de niveau. (Figure 3).

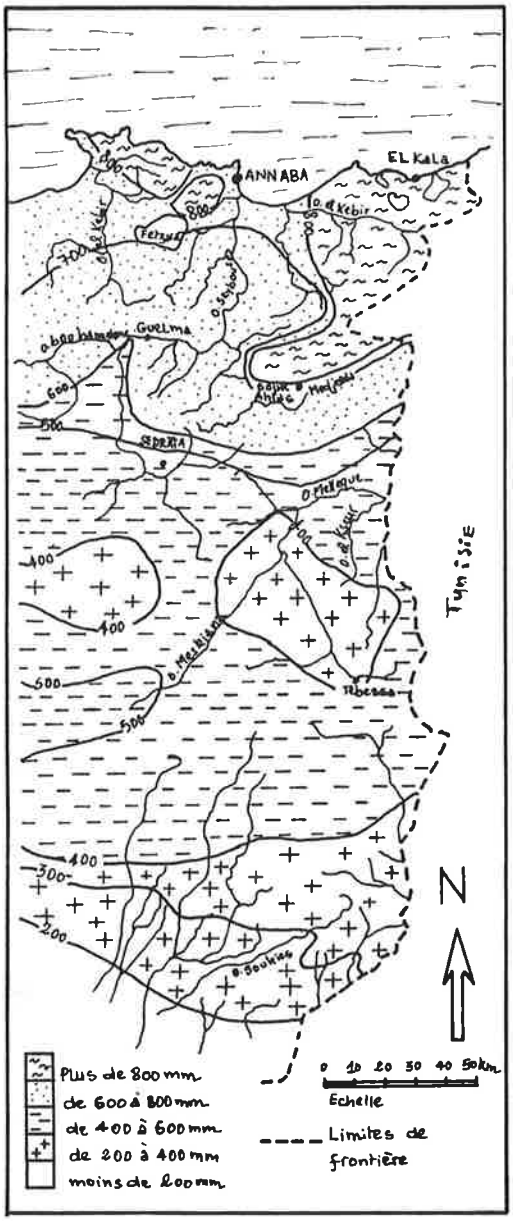


Figure 3 : Pluviométrie du nord-est algérien (d'après Tomas, 1977)

Les points les plus arrosés sont de ce fait les zones sommitales des djebels avec pour le massif de l'Edough une moyenne de 1169 mm/an et pour celui d'Aïn Fedden et du Ghorra une moyenne de 1191 mm/an. (Tableau 2).

TABLEAU 2 :

STATIONS	Moy. an. (mm)	Nbre jours Pluie/an
- Edough	1 169	86
- Annaba Port	787	107
- Cap Rosa	902	93
- El-Kala	910	115
- Aïn-Fedden	1 191	99

(d'après de Belair 1990)

Dans la plaine, au niveau de la mer, la répartition des précipitations est moins simple. On observe un effet dépressif sur la pluviométrie dont l'intensité diminue d'ouest en est à partir d'Annaba. Cet effet dépressif est provoqué par la masse du massif de l'Edough dont la position et l'orientation lui font jouer le rôle d'ombre hydrique dont l'effet se fait sentir jusqu'au cap Rosa à une quarantaine de kilomètres plus à l'est.

Une des caractéristiques de la pluviosité dans la région réside dans sa grande variabilité mensuelle, avec une concentration de la totalité des précipitations sur quelques mois de l'année. Ce phénomène a pour corollaire une grande violence et un caractère orageux des chutes de pluie, trait qui caractérise par ailleurs, le climat méditerranéen dans son ensemble. Le nombre de jours de pluie torrentielle relativement important (Tableau 3), n'est pas sans effet sur le relief dont la dissection témoigne d'une érosion intense. Cet effet est d'autant plus important que les pluies violentes s'abattent surtout en

TABLEAU 3 :

STATIONS	Nbre de jours de pluies torrentielles (mm/24 h)			
	30-50	50-70	70-100	+ 100
- Edough	184	54	12	5
- Annaba Port	96	20	5	3
- Cap Rosa	113	30	5	-
- El Kala	113	26	3	1
- Aïn-Fedden	-	-	-	-

(d'après de Belair, 1990)

automne, sur un sol desséché dont le pendage et le colmatage, par la violence des premiers impacts de gouttes de pluie, ne lui permettent pas de jouer efficacement son rôle d'absorption. (Figure 4).

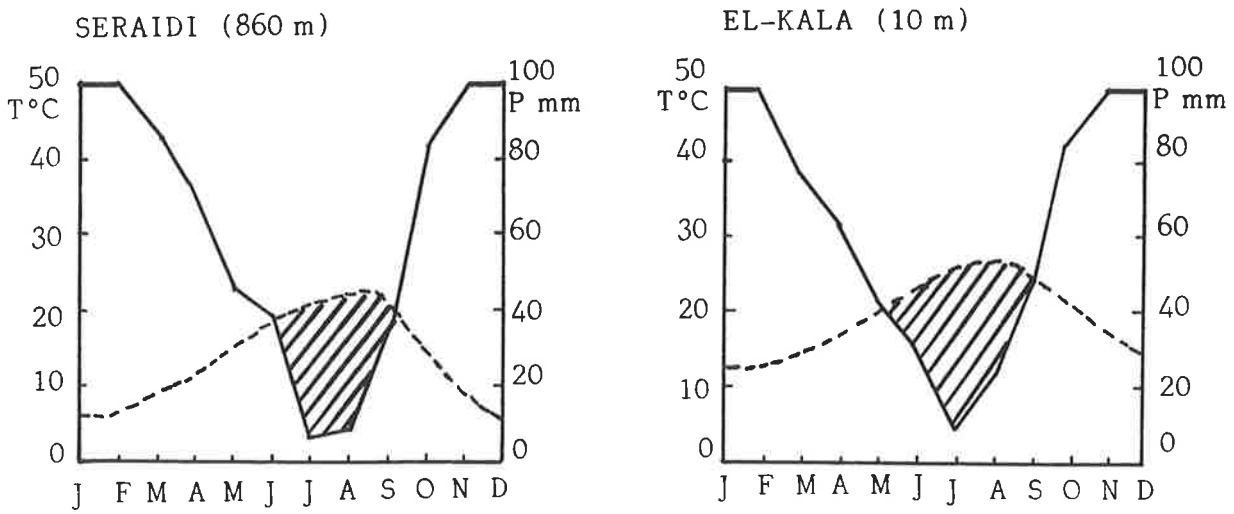


Figure 4: Diagrammes ombrothermiques de Séraidi (massif de l'Edough) et d'El-kala. Noter la période sèche de juin à septembre

2.2.2. La nébulosité :

Ce facteur désigné comme "occulte" n'a jamais été intégré dans les données climatiques de la région, malgré son caractère quasi permanent durant le printemps et le début de l'été.
La proximité de la mer et les étendues des zones humides depuis les marais de la Mekkada jusqu'au lac Tonga, en sont les principaux responsables.
La mer, joue ici, un rôle de condensateur des masses d'air tropical, tandis que les zones humides subissent une évaporation parfois intense du fait de l'ensoleillement. Il en résulte une humidité atmosphérique élevée qui se transforme, notamment au début du printemps, en brume qui nimbe souvent les hauteurs du massif de l'Edough et du Ghorra et recouvre une partie de la plaine d'Annaba au sens large.

Durant la saison sèche, cette humidité permet, à une végétation qui est éprouvée par le déficit hydrique de cette période et qui y manifeste une certaine quiescence, de se maintenir.

2.3. Les vents :

Annonciateurs de pluie lorsqu'ils soufflent, en hiver, du nord-ouest, de chaleur en été, lorsqu'ils tournent au sud et au sud-est, les vents sont un élément important du climat de la région. Ils sont à l'origine du modelé dunaire, dont l'orientation nord-ouest - sud-est trahit la constance de leur direction depuis le quaternaire (Joleau 1936). Selon Seltzer (1946), "en janvier le régime des vents est commandé par l'existence de pressions élevées sur le Tell et l'Atlas saharien. Il y a prépondérance de vents du secteur ouest sur le littoral et dans le Tell, le vent dominant tournant à nord-ouest dans le département de Constantine (le nord-est algérien)... en juillet, le relief barométrique est moins accusé, le régime des vents d'ouest disparaît pour faire place à des vents variables, et qui obéissent d'autant plus aux conditions locales que le gradient barométrique moyen est plus faible. Ceci a lieu le long de la côte algérienne, de Nemours (Ghazaouet) à Philippeville (Skikda), où la pression est remarquablement uniforme ; on y observe l'alternance des brises de terre et de mer. Au contraire, la décroissance de la pression vers la Tunisie donne lieu, au cap de Garde et à la Calle (El-Kala), à une forte prépondérance des vents de nord-ouest, sans variation diurne. Favorisée par le gradient barométrique, dirigé en gros nord-sud, la brise de mer peut pénétrer jusqu'à une assez grande distance du littoral".

Les vents de nord-ouest sont donc dominants dans la région. Ils sont curieusement nommés "mistral" par les marins locaux, alors que ceux d'ouest sont nommés "tramontane". Curieusement, car le mistral est censé se déplacer selon une direction nord-sud en France méridionale, alors que la tramontane est plutôt un vent de nord-ouest !.
A partir du printemps et durant l'été, un régime de nord-nord-est, nommé "grégal" par les marins, se substitue en partie aux vents de nord-ouest et dont l'origine réside dans le gonflement de l'anticyclone des Açores qui gagne alors de l'ampleur vers l'est.

Indépendamment des déplacements des grandes masses d'air à l'origine des vents de nord-ouest et de nord-est, la région connaît, surtout durant la saison chaude, des phénomènes locaux d'inversions thermiques qui sont à l'origine des brises de terre soufflant vers la mer, souvent à l'aurore et au crépuscule, et des brises de mer soufflant en sens inverse durant la journée.

En été, mais également beaucoup plus rarement en hiver, des dépressions se creusent en Méditerranée, dont l'ampleur est suffisamment grande pour atteindre le désert (qui est distant de moins de 350 kilomètres du littoral) et brasser l'air chaud du Sahara pour le remonter vers le nord. Il en résulte un vent chaud et sec, parfois violent, soufflant du sud ou du sud-est, environ 25 fois par an (de Belair 1990) : le Sirocco. Celui-ci a des effets des plus désastreux sur la végétation, lorsque, combiné à un état de déficit hydrique en été, il en accroit les effets. C'est à cette période également qu'il favorise de violents incendies de forêts.

Trait constant du milieu méditerranéen, les incendies font partie du paysage ; participent même à l'élaboration de sa physionomie voire au fonctionnement de quelques uns de ses écosystèmes, lorsqu'ils sont modérés. A certaines périodes, ils constituent cependant de véritables catastrophes (naturelles !?) dont le couvert végétal ne se remet que très difficilement, voir localement pas du tout ; surtout lorsque l'érosion parachève un processus de dégradation par mobilisation d'un sol mis à nu, souvent maigre, où la roche mère est généralement affleurante.

Le couvert végétal de la région a été, dans ce contexte, affecté de manière profonde dans sa physionomie, lors de deux évènements majeurs. Le premier remonte aux années 1956 - 1957, durant la guerre, lorsque l'usage du napalm a définitivement détruit de nombreux pans de la subéraie climacique de la zone Oum-Theboul - El-aïoun près de la frontière. Le second, concerne le grand incendie de 1983 qui fit rage durant une dizaine de jours et dont les stigmates sont encore aujourd'hui visibles.

3 - LES BIOCLIMATS ET LA VEGETATION :

Décrire la végétation d'une région qui constitue presque un carrefour biogéographique où se côtoient des espèces à affinité européenne, méditerranéenne et africaine, dont la diversité des bioclimats, le réseau hydrographique et le puzzle édaphique conditionnent une véritable mosaïque de milieux, constitue un exercice pour le moins périlleux. Hormis le travail de Thomas (1975) sur la végétation des sols dunaires, seule l'excellente recherche de de Belair (1990) sur les bassins versants des lacs Tonga, Oubeira et Mellah dans la région d'El-Kala, constitue une approche profonde et méthodique de la description et de la répartition de la végétation de la région. Citons également l'approche biogéographique de Aouadi (1986) qui a concerné la végétation de la région d'Annaba - Guelma - Souk-Ahras - El-Kala et le travail de phytosociologie et biogéographie de Toubal - Boumaza (1986) concernant celle de l'Edough. En dehors de ces études, les travaux antérieurs sur la région, relèvent essentiellement de la botanique et ont été le fait de Tradescant (1620), Shaw (1738), Desfontaines et l'abbé Poiret (1786), Steinheil (1839), Maire (1902) a qui l'on doit la meilleure synthèse publiée en 1931, cités par de Belair (1990).

Environ 850 espèces constituent le patrimoine végétal de la région. Elles se répartissent en 65 algues, 110 champignons, 50 lichens, 40 mousses, 25 fougères et 545 spermaphytes (de Belair 1992). Il n'est évidemment pas question de rentrer dans le détail de la répartition de cette végétation, ce qui déborderait largement le cadre de cette étude. Nous nous bornerons donc dans cette partie, à préciser les tendances de la répartition des grands groupements végétaux en fonction des bioclimats qui règnent dans la région.

C'est Louis Emberger (1955) qui fut à l'origine de l'étude des bioclimats de la région méditerranéenne, et de leur délimitation par l'utilisation du coefficient "Q" dit d'Emberger. Celui-ci s'exprime par la relation :

$$Q = \frac{1000\,p}{\frac{(M+m)(M-m)}{2}}$$

où

"p" représente la moyenne des précipitations annuelles en mm.

"M" la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud exprimée en degrés Kelvin.

"m" la moyenne des températures minimales du mois le plus froid exprimée en degrés Kelvin.

"M+m" représente la température moyenne.

$\frac{M+m}{2}$ représente la température moyenne.

"M-m" représente l'amplitude thermique extrême.

Les valeurs de "Q" pour différentes stations permettent alors de construire un climagramme qui délimite des étages bioclimatiques de végétation (Figure 5) nuancés par des variantes climatiques (froid, frais, tempéré...), en portant "m" en abscisse et "Q" en ordonnée.

L'examen de la figure 5 révèle que, en moyenne, la zone d'étude se place dans la moitié supérieure de l'étage bioclimatique sub-humide à hiver chaud, à la limite de l'étage humide pour la région d'El-Kala stricto sensu.
Il est évident que les reliefs vont influer de manière déterminante dans la définition de sous-étages et, partant, sur la nature et la répartition de la végétation.

En effet, la région d'El-Kala au sens large va se révéler être une véritable mosaïque d'étages bioclimatiques de végétation (de Belair 1990). Sans rentrer dans le détail des effets dus aux orientations de versants, ou des conditions écologiques locales, bien qu'ils puissent être déterminants à très grand échelle, nous pouvons délimiter en gros trois sous-étages bioclimatiques de végétation du

nord au sud, c'est-à-dire du littoral aux montagnes des massifs de la Medjerda. Cette délimitation vaut, du reste, pour le massif de l'Edough situé à l'ouest de la région d'El-Kala.

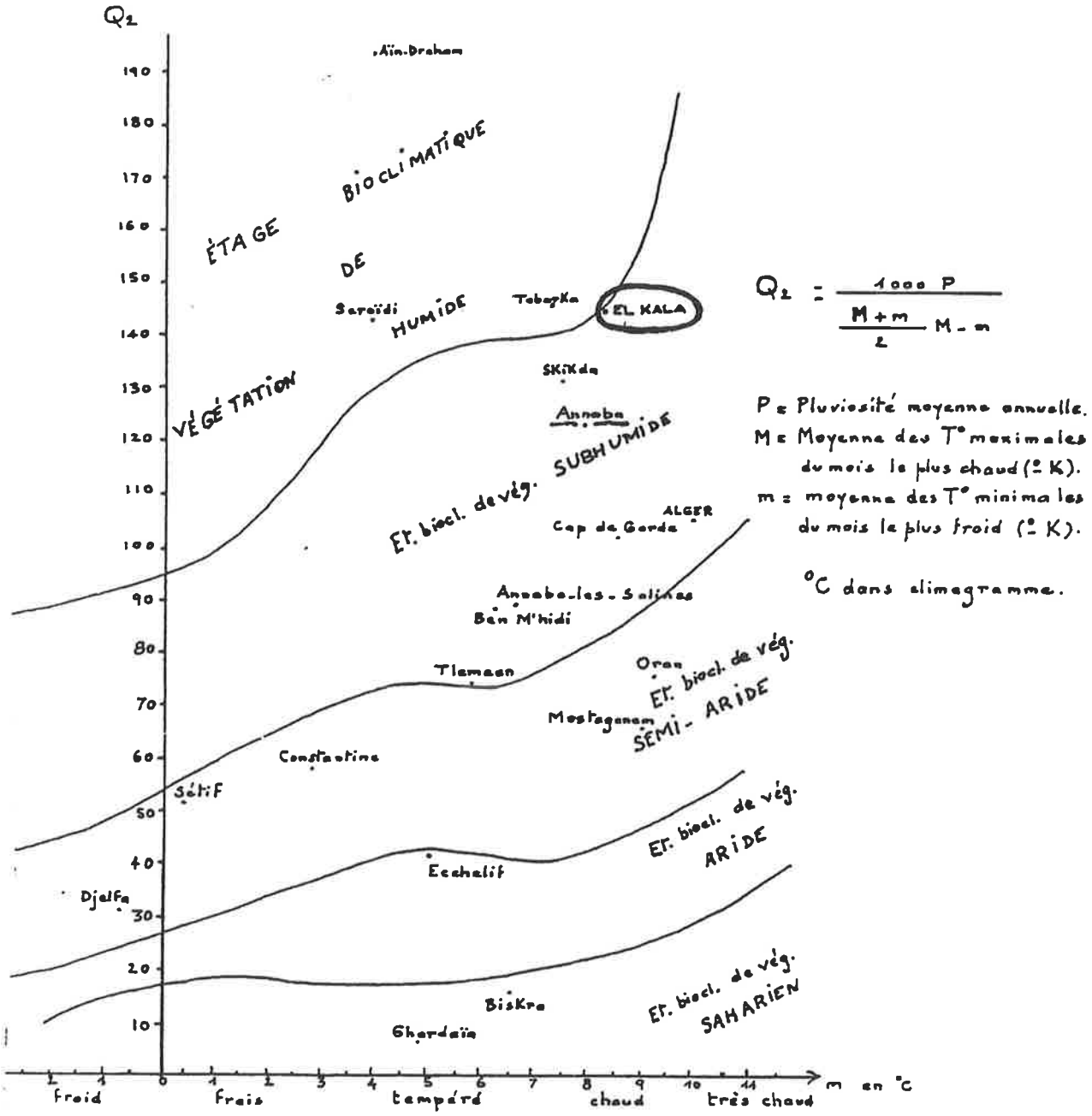


Fig. n° 5. Climagramme du quotient pluviothermique Q2 d'EMBERGER pour le bioclimat méditerranéen (tiré de LONG G., 1974, complété). (d'aprés de Belair, 1990).

3.1. L'étage sub-humide à hiver chaud :

Au niveau de la mer, dans la plaine alluviale, le cordon dunaire et les collines sub-littorales, nous pouvons délimiter un étage sub-humide à hiver chaud que l'on peut inscrire dans l'étage thermoméditerranéen tel qu'il a été défini par Ozenda (1975). Il se caractérise par l'aire de l'Oléo-lentisque à caroubier à un niveau inférieur et par celle de l'Oléo-lentisque à myrte à un niveau altitudinal supérieur (Toubal, 1986). Par ailleurs, il se caractérise également par la série du Chêne Kermes en situation côtière sur substrat dunaire (Gaussen, 1958).

L'Oléo-lentisque est un groupement où sont présentes à l'état spontané, au moins 2 des espèces suivantes : Ceratonia siliqua, Olea oleaster, Chamaerops humilis, Nerium oleander, Pistacia lentiscus, Euphorbia dendroides.

Cependant, de nombreuses espèces compagnes s'insèrent dans le groupement et prennent plus ou moins d'importance dans le faciès selon les conditions écologiques locales (sol, humidité, nature de la roche mère ou encore influence de l'homme). Ce sont Phillyrea augustifolia, Myrtus communis, Rubus ulmifolius, Cistus monspeliensis, Calycotome spinosa, Genista tricuspidata, Calycotome villosa, Crataegus azarolus, Cistus salviaoefolius, Halimium halimifolium, Genista ferox, Genista numidica, Urginea maritima...

Physionomiquement, ce groupement se présente, lorsqu'il est intact, sous forme d'un fourré dense impénétrable, de 3 à 4 mètres de haut voire plus.

L'homme par son influence multiforme : incendies, pacage, défrichement... a imprimé, sur de vastes étendues, une physionomie nouvelle au groupement ; le réduisant parfois à des nappes buissonnantes de 30 à 50 cm de haut.

Les vestiges actuels de l'Oléo-lentisque sont répartis au gré des nouvelles zones d'activité de l'homme, sur les terrains inexploitables à forte pente ou à sol maigre.

Au niveau du cordon dunaire, le groupement à Chêne Kermes domine. Résistant aux vents marins, il est volontiers arborescent, pouvant atteindre 5 à 6 m de haut lorsque les conditions hydriques stationnelles le permettent. Sinon il se présente le plus souvent sous la forme de broussaille de 0,5 à 4 m de haut en moyenne. Accompagné de Phillyrea augustifolia, Erica arborea, Pistacia lentiscus, il semble créer également en sous-bois, les conditions favorables à l'installation de Chamaerops humilis. Souvent Juniperus oxycedrus et Juniperus Phaenicea se mêlent à cette formation.

Lié au substrat sableux, le maquis à Chêne kermes paye également un lourd tribut à l'expansion humaine. Selon la pression de dégradation qu'il a subi, il peut passer du fourré unistrate de 95 % de recouvrement et de 3 à 4 m de haut qu'il était à un maquis ras et clairsemé de 30 à 40 cm.

3.2. L'étage humide à hiver chaud à tempéré :

Au delà de la plaine alluviale, c'est-à-dire au niveau des collines basses méridionales, nous atteignons l'étage humide à hiver chaud à tempéré que l'on peut assimiler au mésoméditerranéen d'Ozenda. Cet étage correspond à l'aire de Quercus suber. Essence sempervirente et sclérophylle, le

Chêne liège s'associe en deux groupements selon le jeu complexe des conditions d'humidité et, dans une moindre mesure, de sol, dans la mesure où celui-ci est corrélé au premier facteur. Ceux-ci conditionnent l'intensité de la compétition avec des espèces ou des groupements concurrents. Dans tous les cas, il constitue la seule espèce arborée du groupement.
Nous pouvons distinguer du niveau le plus thermophile à basse altitude, au moins thermophile à haute altitude, 2 groupements principaux (Toubal, op. cit.).

- Le groupement à Quercus suber et Pistacia lentiscus. marginalisé dans les niveaux les moins humides et les plus chauds, ce groupement présente sa physionomie la plus dégradée. Infiltré par les espèces thermophiles : Pistacia, Calycotome, Phillyrea, Erica...., la strate arborée est mal venue. De faible taille (4 à 8 m), les arbres, tordus en tous sens, ont un port fantaisiste qui témoigne des difficultés que l'essence a à se maintenir dans ces conditions et, partant, de leur grande vulnérabilité. S'apparentant souvent à un maquis arboré dans les conditions limites de maintien, ce groupement présente un "sous-bois' qui se caractérise par la présence d'Erica arborea, Erica scoparia, Arbutus unedo, Cistus monspeliensis, Pistacia lentiscus, Chamaerops humilis, Calycotome villosa, Calycotome spinosa, essences par ailleurs extrêmement pyrogènes, au recouvrement important présentant des risques importants d'incendies en cas de sécheresse, lorsqu'elle est conjuguée au sirocco.

- Le groupement à Quercus suber et Cytisus triflorus. Il prend le relais du précédent lorsque les conditions hygrométriques le permettent, c'est-à-dire à partir d'une altitude de 500 à 700 m selon l'orientation du versant.
Ce groupement caractérise ce qui est convenu d'appeler les subéraies d'altitude ou encore les subéraies humides. Les conditions écologiques favorables (sol profond, humidité...), vont se traduire par l'apparition de peuplement de Chêne liège de bonne qualité, caractérisé par des futaies denses de 200 arbres/ha en moyenne, d'une hauteur de 10 à 15 m. Outre la qualité des futaies, l'élément nouveau de ce groupement est la composition du sous-bois. En effet, la présence de Cytisus triflorus caractérise le niveau à hiver tempéré de l'étage humide. Nous sommes au niveau supérieur du mésoméditerranéen.
Si la présence de quelques sempervirentes du maquis telles que : Pistacia lentiscus, Arbutus unedo, Myrtus communis, Calycotome spinosa, est toujours constatée, elle reste cependant de peu d'importance et finit par se faire de plus en plus discrète à mesure que l'on s'élève en altitude, pour finir par disparaître.
L'humidité du sous-bois crée les conditions d'apparition et de développement de nombreuses épiphytes telles fougères, lichens et mousses. Par ailleurs, le sous-bois est souvent remplacé par un tapis de Pteris aquilina.
A partir de cet étage, nous sortons réellement de l'ambiance générale de maquis qui a régné jusque là pour rentrer dans une ambiance forestière de type tempéré. Celle-ci va se renforcer avec l'étage suivant.

3.3. L'étage humide à hiver tempéré à frais :

Plus au sud, au delà de 800 à 900 m d'altitude, dans les djebels Ghorra, Aïn-Fedden ; auquels nous rajouterons leur homologue occidental, l'Edough, nous rentrons dans l'étage humide à hiver tempéré à frais, avec l'apparition de la neige et des gelées. Correspondant au supraméditerranéen d'Ozenda, cet étage est celui de l'aire du Chêne-Zéen, Quercus faginea mirbeckii.
Couvrant une superficie de 65.000 ha en Algérie, le Chêne-Zéen est une essence caducifoliée à feuillage marcescent. Il forme des peuplements denses dont les arbres peuvent atteindre 30 m de haut, avec un fut bien droit, parfois de plus d'un mètre de diamètre.
D'un point de vue climatique, le Chêne-Zéen, exigeant en humidité, trouve son optimum de développement lorsque la pluviométrie est supérieure ou égale à 900 mm par an, c'est-à-dire en altitude, là où la moyenne des minima le favorise par rapport au Chêne liège. Cependant, il ne craint pas de descendre vers les plaines en suivant fidèlement les traces d'humidité, le long des talwegs ou au niveau de certaines sources permanentes, où il forme alors, en situation de post-climax, de véritables coulées plus ou moins pures.

Dans certaines conditions, il forme avec le Chêne liège des peuplements mélangés. Du reste, ce dernier peut le supplanter localement dans son aire, par des effets de crête, c'est-à-dire lorsque la topographie crée des conditions stationnelles où le vent et le manque d'humidité rendent difficile l'installation du Chêne-Zéen et favorisent alors son concurrent.
La densité de peuplement de cette essence, combinée à une frondaison quasi continue, entretient une ambiance ombrée et humide en sous-bois. Cette humidité favorise la constitution d'un sol profond de type sol brun forestier. Cependant, son acidité ralentit l'activité des décomposeurs et provoque l'accumulation d'une épaisse litière.
Le sous-bois est constitué de Cytisus triflorus, qui en est l'essence dominante, de Crataegus monogyna, Rubus ulmifolius, Rosa canina. Dans les stations où l'humidité est permanente en saison estivale, on note la présence de Ilex aquifolium, Lorus nobilis, Viburnum tinus. Par ailleurs, de nombreux liannisants tels que Hedera helix, Smilax aspera enguirlandent les arbres parfois jusqu'à la canopée.
L'ambiance humide favorise également le développement de nombreuses épiphytes telles que les fougères, les mousses et les lichens.
La strate herbacée est dominée par Pteris aquilina accompagnée le plus souvent de Hyparrhemia hyrta, Anthoxanthum odoratum, Bromus sp., lorsque le couvert arboré s'éclaicit quelque peu et que le rayonnement solaire atteint le sol.

Debazac (1959) cité par Toubal (op. cit.), à propos de la végétation forestière de la Kroumirie, en Tunisie, estime que la chênaie à Chêne-Zéen, correspond à une association jouant le rôle du Quercetum pubescentis en France méditerranéenne.
Nous sommes donc sans conteste, dans une ambiance de Chênaie caducifoliée de type Europe tempérée. Nous le verrons, cette situation ne sera pas sans effet sur l'avifaune.

Les données de géographie générale que nous venons d'exposer ne doivent pas cacher une des plus importantes particularités du nord-est algérien. En effet, un des aspects les plus étonnants de cette région en générale et de la région d'El-Kala en particulier, réside sans conteste dans la présence de populations relictes d'espèces végétales et animales dont l'actuelle aire de distribution est, soit franchement tropicale, soit franchement européenne.
C'est sans nul doute les plus de 25.000 ha de zones humides combinés à une température moyenne élevée, qui sont à l'origine du maintien de ces populations depuis au moins le Tertiaire.

De nombreux visiteurs de la région n'ont pas manqué de relever ce caractère unique en Afrique du nord. C'est ainsi que Junqua (1954) écrit "Il est une région très intéressante de ce point de vue biogéographique : c'est la région marécageuse qui s'étend le long de la mer entre Bône (Annaba) et la Calle (El-Kala).... C'est d'ailleurs certainement à son aspect marécageux que cette région doit de recéler encore dans ses eaux et sur ses rives des vestiges d'une faune et d'une flore aussi bien européenne que tropicale... C'est ainsi qu'on trouve dans le cercle de la Calle les seuls peuplements nord-africains connus d'Alnus glutinosae, on peut également citer la Trapa natans, cette "macre" ou châtaigne d'eau commune en France et qui n'est connue en Afrique du nord que du lac Oubeira. Signalons à cette occasion, que le Professeur Maire, a découvert dans les mêmes parages, les fruits énormes d'une Trapa bispinosa" (à l'état fossile ou sub-fossile, d'origine afro-asiatique). Et plus loin de poursuivre "la faune, elle aussi, est à affinité mixte mais surtout africaine. Là encore, l'intérêt essentiel de cette faune réside dans les groupes dont l'existence est liée au milieu aquatique (Coléoptères Dysticidae ou Hydrophilidae, Hémiptères, Hydrocorises, Odonates, Oiseaux)".

Pour sa part, Joleau (1936) écrit : "A la différence de la plus grande partie de ces contrées, elle a conservé (la région d'El-Kala), la trace très nette de l'ancien climat tropical nord-africain, juxtaposé ici étroitement à un peuplement végétal et animal aux affinités européennes franchement prépondérantes. Tel est le double caractère biogéographique fort curieux de l'extrême nord-est algérien".
Plus récemment, Samraoui et al. (1992), ont découvert dans la région, des populations relictuelles d'Odonates à affinité franchement tropicale : Diplacodes lefewbri, Urothemis edwardsi, Acisoma panorpoides...
Chez les passereaux sédentaires, Tchagra senegala et Pycnonotus barbatus constituent également un exemple de population dont l'Afrique du nord ne constitue que le vestige d'une aire de distribution autrefois sans hiatus, actuellement presque scindée en deux par l'étendue désertique du Sahara et dont le centre de gravité est franchement tropical.

Ainsi, une région de la rive sud de la Méditerranée occidentale, carrefour biogéographique s'il en fut, tel est donc le décor qui a été le théâtre de nos investigations durant trois années.

CHAPITRE 2

METHODOLOGIE GENERALE

La nature des résultats à acquérir en vue de satisfaire l'objectif de la présente étude, nous a conduit à définir un plan d'observation qui dépend au moins de 2 éléments principaux :

- La sélection de milieux à échantillonner qui correspondent le mieux, d'une part, à la problématique générale tel qu'elle a été définie précédemment et qui satisfasse d'autre part, autant que faire se peut, à une démarche comparative avec des milieux homologues médio et sud-européen. Ce deuxième point impliquant que l'homologie soit d'ordre structurelle.

- L'adoption d'une méthode d'acquisition des données qui permette l'obtention de résultats dont la nature autorise également la démarche comparative évoquée ci-dessus, et dont la procédure d'application soit donc aussi proche que possible, sinon identique à celle employée en Europe.

1 - LES MILIEUX ECHANTILLONNES :

Deux démarches peuvent être envisagées pour l'étude de la dynamique des peuplements d'oiseaux le long d'un gradient de complexité croissante de la végétation.
La première consisterait à réaliser un suivi des paramètres qui caractérisent un peuplement (composition - richesse - diversité..) le long d'une série diachronique de végétation, dans la mesure où son évolution (ou sa régression) vers un état de maturité (ou de dégradation) croissante entraînerait des changements qualitatifs et quantitatifs de l'avifaune, en vertu du concept de la niche écologique (Hutchinson 1959, Mac Arthur 1968).

Cette démarche impose le choix d'une zone dont la colonisation par la végétation est à son stade pionnier et dont les caractéristiques du point de vue des facteurs du milieu, soient susceptibles de conduire la succession à son terme, du moins celui envisagé, c'est-à-dire la forêt à un stade mûr.
Elle impliquerait un suivi de l'avifaune à travers un échantillonnage, dont la fréquence serait déterminée par la période d'apparition de divers stades de la succession, que l'on aura fixé à l'avance et que l'on aura préalablement caractérisé par des descripteurs précis, par exemple le toit de la formation.

Pour idéale qu'elle soit d'un point de vue théorique, cette démarche butte néanmoins sur une première difficulté qui réside dans l'investissement prohibitif à consentir. Elle nécessiterait l'intervention d'au moins trois générations d'observateurs, compte-tenu de l'intervalle de temps nécessaire, que l'on peut raisonnablement évaluer à 100 ans, du moins sous nos contrées, pour l'installation et l'évolution d'une telle série.

Elle occulte également obligatoirement le caractère instantané de l'image globale de l'organisation des communautés aviennes résultant du jeu des interactions actuelles des espèces ou groupes d'espèces entre elles. Surtout lorsque le rythme du changement des stades de la succession se ralentit vers les stades évolués.

En d'autres termes, il serait légitime de se demander si un peuplement d'oiseaux observé à un stade donné d'une succession dans un contexte écologique plus vaste (à l'échelle d'une région voire d'un continent), serait le même que celui d'un même stade de la même succession 50 ou 70 ans plus tard, dans un contexte écologique dont l'histoire a fait subir une série d'évènements naturels aléatoires dont il est impossible de mesurer les effets exacts sur la communauté avienne, mais qui peuvent être significatifs à certaines échelles d'observation : ici, le secteur écologique sensu Blondel (1979).

Pour ces raisons, et surtout pour la première, nous avons choisi de procéder à la reconstitution dans l'espace d'une série synchronique dont les stades sont réputés s'y inscrire. Cette manière de faire ne manque pas évidemment de soulever un certain nombre d'objections dont la légitimité reste à discuter.
La première et la plus évidente, concerne l'identification des stades sélectionnés à travers la stratification du milieu. La question qui se pose est de savoir si tel biotope fait naturellement partie de la succession à reconstituer.
S'il en fait partie du point de vue du groupement végétal qui le caractérise, est-ce que sa physionomie, sa structure sont conformes à celle qu'il aurait eu s'il s'inscrivait dans la succession ?
Enfin, est-ce que chaque biotope retenu constituant un stade intermédiaire est susceptible d'évoluer vers le stade forestier, sans préjuger de son caractère climacique, en passant par les mêmes stades de la succession ?

Ces objections renvoient en fait à la définition que l'ornithologue doit se faire du concept de succession, en rapport avec l'objet d'étude. De nombreux travaux (Klopfer 1969, Mac Arthur 1961, Karr 1971, Blondel 1973...) ont en fait démontré que c'était moins la composition spécifique de la végétation qui déterminait les caractéristiques du peuplement d'oiseaux qui s'y installait, que sa structure, c'est-à-dire la répartition tridimensionnelle des éléments morphologiques des végétaux : tronc, branches, feuillage - densité des arbres et du sous-bois, en un mot la physionomie de l'habitat.
On ne peut pas, pour autant, se permettre de reconstituer des successions "composites" où des stades seraient "empruntés" à d'autres séries de végétation et viendraient constituer les étapes successionnelles d'une série conçue uniquement sous l'angle de la structure de la végétation.

Dans le cas de la région d'Annaba-El-Kala, l'univers écologique présente un paysage fortement marqué par une structure en mosaïque. Celle-ci résulte d'une série d'évènements qui se sont réalisée au cours de l'histoire de la région, depuis une période, difficile à déterminer, jusqu'à nos jours.
Aucune recherche d'envergure n'a été entreprise dans le Maghreb, pour déterminer ne serait-ce que l'importance de la couverture forestière d'il y a quelques centaines ou quelques milliers d'années. Nous

pouvons cependant affirmer, avec une faible probabilité de se tromper, que celle-ci était, à l'instar de celle des contrées européennes, nettement plus importante que l'actuelle.

Cette structure en mosaïque du paysage est à la base de la stratification des milieux que nous avons réalisés en vue de reconstituer la succession de végétation qui nous servira de support d'étude. A ce propos, Blondel (1986) écrit : "A l'échelle d'une région, par exemple, celle d'un grand massif forestier, le régime spécifique de perturbation... déclenche dans le temps et dans l'espace une série de successions locales dont chacune se déroule plus ou moins de la même façon mais avec un certain décalage par rapport aux autres, ce décalage étant fonction de la date de la perturbation. Une vaste forêt est parsemée de successions localisées qui ne sont pas en phase, d'où une mosaïque de taches de biotopes d'âge et de structure différents mais complémentaires qui réalisent dans l'espace l'ensemble des stades successionnels obligés par lesquels passe chaque système local entre son "rajeunissement" par perturbation et l'état de maturité". Plus loin de poursuivre, "dans une perspective de biogéographie, on pourrait substituer à la notion traditionnelle du "climax" le concept biologiquement plus réaliste de "métaclimax" qui introduit cette notion capitale de dynamique spatio-temporelle. Le métaclimax est l'ensemble des sous systèmes successionnels déphasés les uns par rapport aux autres, mais tous également nécessaires au fonctionnement du système à l'échelle régionale".

Si nous sommes bien, dans la région qui nous intéresse, dans une situation de structure en mosaïque du paysage, sommes nous pour autant dans une situation de métaclimax, qui implique entre autre une dynamique successionnelle des stades pionniers et transitoires. Une des premières questions que le Professeur Frochot m'avait posée lorsque, lors d'une visite en Algérie, je lui faisais visiter le terrain d'étude, était, "est-ce que les divers stades de la succession vont tous évoluer vers le stade forestier ?". Bien entendu, j'étais bien en mal d'y répondre de manière claire. Cependant, des arguments militent en faveur de la participation des stades sélectionnés, à la série reconstituée.

- Lorsqu'une parcelle de forêt âgée a été détruite par le feu, phénomène qui s'est produit à plusieurs reprises à des périodes différentes dans des zones où le caractère forestier fermé de la formation était avéré, les divers stades observés de la succession secondaire qui s'est mise en place, correspondent à ceux qui sont observés par ailleurs.

- Dans l'ensemble de la région étudiée, la composition floristique des divers milieux correspond, à peu de choses près, à celle des stades des successions secondaires.

Enfin, si l'appartenance des divers stades sélectionnés, à la série diachronique que nous nous sommes proposés de reconstituer ne pose pas fondamentalement de difficultés, la question de leur dynamique reste, en revanche, encore assez problématique. En effet, l'intervention répétée et combinée de plusieurs phénomènes tel que le feu, le pacage qui est un élément de perturbation des milieux relativement nouveau mais qui prend vite de l'ampleur, risque de constituer un puissant facteur de stagnation de la succession, voire un facteur de régression.

Il serait en effet très difficile à un maquis bas de se reconstituer en une futaie de Chêne-liège, sous la pression quasi permanente d'un cheptel de bovins, ovins et caprins à l'affût de la moindre plantule ou repousse tendre.
De même que l'anthropisation quasi exponentielle de la région, a tendance à provoquer l'augmentation des feux de forêt, dont l'action répétée sur les mêmes zones, conduit soit à une situation de disclimax de la végétation au sens de Cléments (1949) in Daget et Godron (1978), soit à ce qui constitue la situation la plus fréquente, une évolution régressive de la série.

Ainsi, les stades transitoires de la série du Chêne-liège, éléments de la mosaïque qui constitue le paysage de la région, peuvent être classés dans 3 catégories successionnelles.

- Ils peuvent être issus d'une succession secondaire progressive en cours d'évolution. Ce cas nous semble actuellement relativement rare et très localisé.

- Ils peuvent résulter d'une succession régressive et constituer des stades de dégradation de la forêt originelle.

- Ils peuvent être issus d'une succession secondaire dont l'évolution est stoppée par l'action d'un facteur disclimacique tel que le passage répété du feu et/ou le pacage. C'est ce qui nous semble constituer le cas le plus fréquent.

La stratification qui a conduit au choix des divers stades successionnels de la série à reconstituer, a permis de sélectionner 11 types de milieux.
9 d'entre eux reconstituent les stades de la succession du Chêne-liège, depuis le stade pionnier à caractère herbacé jusqu'à ce qui nous a semblé constituer le stade ultime de l'évolution de cette série : la chênaie caducifoliée à Chêne-Zéen.
Ces 9 milieux ont été stratifiés sur la base de la hauteur du toit de la végétation combinée au recouvrement de la strate arborée. A ces 9 milieux, nous en avons rajouté 2 autres qui constituent des éléments importants du paysage : les reboisements naturalisés de Pin maritime et d'Eucalyptus, dont l'insertion au milieu des massifs naturels de Chêne-liège nous a semblé constituer les éléments d'une intéressante comparaison du point de vue avifaunistique.

1.1. Les milieux ouverts :

1.1.1. <u>La pelouse à Asphodelus microcarpus et Urginea maritima</u> :

Les milieux ouverts herbacés de la région résultent généralement de l'abandon de terres agricoles constituées initialement au détriment de couvert forestier de plaine, par défrichage et incendie. Les raisons de l'abandon de ces terres sont multiples. Elles résident surtout dans l'appauvrissement progressif du sol en matière organique, ou encore aux remontées de la nappe phréatique qui asphyxie alors les cultures. Parfois des cas d'ensablement des terres, provoqués par la remise en mouvement

des sables des dunes suite à la destruction de leur couverture végétale, conduisent à leur abandon progressif.
D'un point de vue végétation, ces milieux sont caractérisés par la présence dominante d'Asphodelus microcarpus qui est le principal indicateur de la dégradation sévère du groupement à Quercus suber. Elle est souvent accompagnée d'Urginea maritima, un géophyte de la famille des Liliacées, d'Ormenis mixta, une composée surtout inféodée aux terrains sableux, Inula squarosa et Inula graveolens des composées préférant les terrains argileux, Cynodon dactylon...

La plupart des 8 sites échantillonnés sont des milieux herbacés presque purs ; c'est-à-dire où la strate buissonnante est rare. (photo 1). D'un point de vue physionomique, la couverture végétale printanière est dense et relativement haute ; parsemée des hampes florales des Asphodèles et des gros bouquets foliaires d'Urginea.
La hauteur moyenne de la strate buissonnante est de 0,24 m, son recouvrement au sol de 1 %. La hauteur moyenne de la strate herbacée est de 0,24 m et son recouvrement de 77 %. (Tableau 5) (cf chap 2-2.2).

1.1.2. Le maquis bas à Cistus sp. et Chamaerops humilis :

C'est le type de formation ligneuse la plus dégradée, occupant les sols maigres où la roche mère a depuis longtemps été mise à nu. Dans les 2 sites échantillonnés, le maquis bas est caractérisé par la dominance des espèces ligneuses indicatrices de conditions très défavorables ; Cistus monspelliensis, Cistus salviaefolius, Ampelodesma mauritanicum, Chamaerops humilis, Erica arborea, Lavandula stoehas, en sont les principaux représentants. Elles sont accompagnées de Pistacia lentiscus, Calycotome villosa, Genista ferox et d'individus rabougris de Quercus coccifera. Physionomiquement, la formation se présente comme une nappe buissonnante homogène (photo 2) dont le toit ne dépasse pas 0,70 m avec une hauteur moyenne de 0,60 m. Le recouvrement de la strate ligneuse est important puisqu'il peut atteindre 80 % dans certaines stations. Il est de 65 % en moyenne.
La strate herbacée, composée de graminées et Asphodèles est relativement pauvre. D'une hauteur moyenne de 0,23 m, elle ne recouvre que 4 % du sol (Tableau 5).

1.1.3. Le maquis moyen à Pistacia lentiscus :

Assez répandue dans la région, cette formation ligneuse occupe certains massifs dunaires et se caractérise alors par la présence de Quercus coccifera au sein du cortège floristique. Sinon elle occupe les piémonts des collines et constitue un stade de dégradation de la subéraie de laquelle la strate arborée a presque totalement disparue. La présence de quelques Chêne-lièges isolés atteste cependant de la présence originelle d'une forêt dans ces milieux. (Photo 3).

La végétation des 2 sites échantillonnés forme une couverture homogène caractérisée par Pistacia lentiscus, Halimium halimifolium (une Cistacée), Calycotome villosa, Cistus salviaefolius, Cistus

monspelliensis, Erica arborea, Quercus coccifera sur sol dunaire, Phillyrea angustifolia sur sol argileux. La hauteur maximale de ce milieu est de 1,70 m avec une moyenne de 1,38 m pour un recouvrement moyen de 62 %.
La strate herbacée est composée d'Asphodelus microcarpus, Urginea maritima et de graminées diverses dont la hauteur moyenne est de 0,27 m et le recouvrement de 16 %. (Tableau 5).

1.2. Les milieux semi-ouverts :

1.2.1. Le maquis haut à Pistacia lentiscus et Quercus coccifera :

Ce type de milieu inaugure la catégorie des milieux dont le toit de la végétation dépasse la hauteur d'un homme. Le maquis haut dont 2 sites furent échantillonnés, constitue un stade de dégradation de la subéraie, où cependant, les conditions d'humidités entretenues par la proximité d'une nappe phréatique, permettent le développement d'une strate buissonnante luxuriante. Ce développement important compromet d'ailleurs celui des arbres qui ne trouvent pas, ou trop peu, de conditions favorables à leur croissance à cause de la densité et de la hauteur importante des buissons.
Ceux-ci rendent d'ailleurs très difficile l'accès à ces milieux - nous y avons totalisé près de 8 km, le long des coulées de sangliers, pour réaliser les relevés d'avifaune - et créent des conditions acoustiques défavorables. (cf. chap 2 - 2.1.1.2.).
Les deux (2) sites échantillonnés se trouvaient l'un, sur sol dunaire, caractérisé par la présence dominante de Quercus coccifera, accompagné de Pistacia lentiscus, Phillyrea angustifolia, Erica arborea et parfois de Juniperus oxycedrus et/ou Juniperus phoenicea de Chamaerops humilis. Le second site, se caractérise par un cortège où domine Pistacia lentiscus accompagné de Mirtus communis, Erica arborea, Erica scoparia, Phillyrea angustifolia, Rubus ulmifolius, Smilax aspera.
Physionomiquement ce milieu se présente comme nappe homogène, dense dont la hauteur peut atteindre localement 4 m avec une moyenne de 2,35 m (Photo 4).
Le recouvrement moyen est de 77 % et peut atteindre localement 95 %.
Dans ces conditions, la strate herbacée y est très pauvre et ne recouvre que 2,8 % du sol en moyenne, pour une hauteur de 0,15 m (Tableau 5).

1.2.2. Le maquis à strate arborée claire de Quercus suber :

Lors de la stratification des milieux, il nous a semblé intéressant d'intercaler un stade intermédiaire entre ce que nous considérons comme les maquis purs, c'est-à-dire des formations monostrates où la couverture arborée est quasiment absente et ce qui pourrait tenir lieu de taillis de Chêne-liège et que nous avons nommé "maquis à strate arborée dense". L'adjonction de ce stade, à priori, à cette position successionnelle, n'a pour but que de vérifier l'effet de la superposition d'une faible strate arborée à un maquis de type "maquis moyen".
Nous abordons avec ce milieu semi-ouvert, assez répandu dans la région, les premiers stades forestiers où la strate arborée n'est pas réduite à l'état vestigial comme dans les maquis purs, et où se superposent les 3 strates fondamentales, la strate arborée, buissonnante et herbacée. (Photo 5).

La strate arborée est essentiellement constituée de Quercus suber. Les arbres sont de taille modeste, de 4 à 7 m de haut avec une moyenne de 5,5 m. Leur répartition spatiale est hétérogène. Les mesures réalisées sur trois sites révèlent des recouvrements dont les valeurs varient de 5 à 40 % pour une moyenne de 14 %.
Nous avons, de ce point de vue, ce que l'on peut considérer comme un milieu localement hétérogène, mais cependant globalement homogène par la redondance des motifs de répartition des arbres.
La strate buissonnante n'est pas encore, loin s'en faut, un sous-bois. C'est un maquis caractérisé par la présence de Pistacia lentiscus, Mirtus communis, Erica arborea, Phillyrea angustifolia, Arbutus unedo dans les stations quelques peu humides, Calycotome villosa, Genista ferox dans les stations sèches.
La hauteur de ce maquis varie de 0,90 à 1,70 m avec une moyenne de 1,47 m ; son recouvrement est important puisqu'il est de 78 % en moyenne.
La strate herbacée se caractérise par la présence de Chamaerops humilis, Ampelodesma mauretanicum en station sèche, Asphodelus microcarpus, Bromus sp. ... son recouvrement moyen est de 5 %. (Tableau 5).

1.2.3. Le maquis à strate arborée dense de Quercus suber :

Ce milieu que l'on pourrait assimiler à un taillis de Chêne-liège, bien que l'expression semble impropre, constitue un des premiers stades de dégradation de la subéraie mûre. C'est un des milieux les plus répandus et occupe une grande partie des collines basses de la région d'El-Kala ainsi que les piémonts du massif de l'Edough, faisant la jonction entre l'Oléo-lentisque et la subéraie mûre.

La strate arborée monospécifique est caractérisée par Quercus suber. A l'instar du milieu précédent, les arbres ne sont pas de bonne venue. De petite taille, 4 à 7 m, ils témoignent par leur forme, des incendies dont ils ont subi les passages répétés. Cependant, leur recouvrement est relativement important puisqu'il varie de 20 à 40 % avec une moyenne de 34 %. Leur répartition spatiale est localement hétérogène mais avec des motifs répétitifs, ce qui confère globalement au milieu, une certaine homogénéité physionomique. (Photo 6).

La composition de la strate buissonnante et la physionomie d'ensemble de ce biotope lui confère encore le caractère de maquis. En effet, la persistance du cortège typique des groupements xérophytes, Calcycotome - Genista - Cistus - Arbutus - Erica, et Nerium oleander dans les talwegs, indique clairement que nous sommes dans un stade de dégradation de la forêt mûre originelle avec remplacement des espèces de sous-bois par des xérophytes généralement épineuses. La hauteur de ce maquis varie de 0,6 à 1,6 m pour une moyenne de 1,14 m et son recouvrement est de 66 %.
La strate herbacée est caractérisée par le même cortège d'indicatrices de milieu dégradé : Chamaerops humilis, Ampelodesma mauretanicum, Asphodelus microcarpus... son recouvrement moyen est égal à 16 % (Tableau 5).

Par ses caractéristiques physionomiques, le maquis arboré constitue un exemple de superposition de 2 milieux de natures différentes : une strate buissonnante qui reste par la composition de son cortège floristique, un maquis ; et une forêt qui, sans l'être encore tout à fait, n'en a pas moins certaines caractéristiques, notamment par le recouvrement des arbres.

1.3. Les milieux fermés :

Nous entendons par milieu fermé tous ceux qui se caractérisent par une strate arborée dont la hauteur et le recouvrement évoque une physionomie forestière au sens de Boudy (1948) in Daget et al. (1978), c'est-à-dire "un peuplement où dominent les arbres et qui se maintient en équilibre plus ou moins stable sous l'action toujours prédominante des facteurs définissant le milieu". Si la notion de dominance ici évoquée reste vague, nous nous permettrons de rajouter que, dans le cadre de cette étude, ce sont tous les milieux dont la strate arborée a un recouvrement supérieur ou égal à 50 %.

1.3.1. La chênaie sempervirente à Quercus suber, avec sous-bois :

Ce type de milieu inaugure les forêts au sens strict avec la présence de 3 strates fondamentales : la strate arborée, la strate buissonnante constituée par le sous-bois et enfin, la strate herbacée. La strate arborée est monospécifique, composée de Quercus suber dont les sujets ont une hauteur moyenne de 7,70 m.
De taille moyenne mais relativement homogène, les arbres ont un recouvrement qui varie de 50 à 60 % avec une moyenne de 57 %. (Photo 7).

Le sous-bois des milieux échantillonnés est haut et dense. Le cortège floristique est caractérisé par la présence de Phillyrea angustifolia, Pistacia lentiscus, Mirtus communis, Rubus ulmifolius, Calycotome villosa, Crataegus monogyna, Erica arborea, Erica scoparia, Smilax aspera. Ces espèces forment un enchevêtrement inextricable de rameaux, branches et lianes qui peut atteindre 4 m de haut et se confondre avec les branches basses des arbres, formant ainsi une muraille continue de végétation du sol à la canopée.
La hauteur moyenne du sous-bois est de 2,46 m, son recouvrement varie de 40 à 90 % avec une moyenne de 73 %. Nous sommes donc en présence d'un sous-bois très dense ne permettant l'accès à ces milieux que par l'intermédiaire des sentiers tracés par le passage répété et traditionnel du bétail qui y divague souvent.

Dans de telles conditions, la strate herbacée est relativement rare. Elle est constituée de quelques graminées et quelques pieds épars d'Asphodèle et de palmier nain. Son recouvrement moyen n'est que de 6 %. (Tableau 5).
4 sites de ce milieu ont fait l'objet d'un échantillonnage d'avifaune. Très morcelé, ce type de forêt subsiste en plaine, à basse altitude, à proximité des lacs, là où l'humidité du sol permet l'entretien d'une telle végétation ; dans les talwegs également, où il forme, pratiquement à l'état relictuel, des

massifs forestiers ayant échappé aux incendies et bénéficiant du même coup de la situation protégée et humide des creux intercollinaires.

1.3.2. La chênaie sempervirente à Quercus suber, sans sous-bois :

La subéraie des deux sites échantillonnés se localise à une altitude moyenne de 637 m. Elle constitue sans conteste ce que l'on serait tenté de qualifier de climax de la succession du Chêne-liège. Si ce n'était les causes anthropogènes de la disparition du sous-bois, la physionomie des arbres et la contiguïté de leur aire de répartition avec celle du Chêne-Zéen, suggèrent que l'essence a atteint là son plein épanouissement (Photo 8). La strate arborée de ce milieu bi-strate est caractérisée par des arbres au fut relativement droit, dont la hauteur peut atteindre 18 m avec une moyenne de 10,4 m. Leur densité conduit à un recouvrement au sol de 65 % en moyenne, avec une répartition spatiale très homogène. De nombreux sujets âgés sont morts sur pied ou bien s'abattent et se décomposent sur place.

Outre la grande taille des arbres, ce milieu est caractérisé par l'absence quasi absolue de sous-bois. Cette absence semble d'ailleurs assez ancienne et due à une action combinée de défrichage pour l'installation d'un habitat sous le couvert des arbres, dont la hauteur autorise la construction de maisonnettes, et de pacage du bétail dont la surpécoration a éliminé toute vélléité de reprise du sous-bois, et risque à terme d'empêcher le recrutement même des jeunes arbres.
La strate herbacé est moyennement développée. Elle est constituée des opportunistes Asphodelus microcarpus et Urginae maritima, de quelques graminées et composées. Sa hauteur moyenne est de 0,17 m et son recouvrement varie de 1 % lorsque la roche mère est à nu, à 50 % lorsque le sol est relativement profond, pour une moyenne de 10 %.

1.3.3. La chênaie caducifoliée à Quercus faginea sp. mirbeckii :

L'échantillonnage de ce milieu est motivé par 2 raisons essentielles : le Chêne Zéen est la seule essence caducifoliée, avec largement dans une moindre mesure, le Chêne afares, qui se constitue en peuplements forestiers homogènes sur des superficies relativement vastes, qui font l'objet par ailleurs de certaines mesures de protection.
La limite inférieure de son aire de répartition chevauche celle du Chêne-liège qui peut localement le concurrencer.

De ce fait, le Chêne-Zéen peut raisonnablement être considéré comme un stade successionnel supplémentaire de la série du Chêne-liège, par le jeu de l'action combinée de la température et de l'humidité, qui le rendent plus compétitif face à son concurrent qu'il tend alors à remplacer.
La Chênaie caducifoliée à Chêne-Zéen, que l'on nommera désormais la zénaie, constitue le dernier des neuf (9) stades successionnels de la série que nous nous somme proposés de reconstituer.

Ce milieu est constitué d'une strate arborée, d'une strate buissonnante, le sous-bois, et d'une strate herbacée à laquelle on peut rajouter une strate mucinale.
La strate arborée est, d'une manière générale, monospécifique, à la présence près de manière localisée, de quelques Chêne-lièges dans les stations défavorables et de quelques Saules dans les stations très humides. De grande taille, les arbres peuvent atteindre 25 à 30 m de haut pour une moyenne de 17,60 m. Leur importante densité conduit à un recouvrement au sol qui varie de 60 à 80 % avec une valeur moyenne de 68 %. (Photo 9). Les deux (2) sites échantillonnés, à une altitude moyenne de 958 m, n'ont pratiquement pas connu de traitement ou d'exploitation particulière depuis une cinquantaine d'année. Le plus vaste et le plus isolé de la région, celui du Djebel Ghorra, se caractérise par son aspect primitif, accentué par la présence de nombreux arbres morts à terre ou sur pied, recouverts de mousses et de lichens. De nombreux arbres possèdent des troncs dont le diamètre peut atteindre 2 m. L'ombre projetée par la frondaison est quasi continue ; de ce fait, le sous-bois est peu développé. Il se caractérise par la présence de Cytisus triflorus, Rubus ulmifolius, Rosa canina, Crataegus monogyna, Lorus nobilis, Viburnum tinus, Ilex aquifolium, Fruscus hypophyllum et quelques transgressives des groupements termophiles telles que Mirtus communis, Calycotome villosa.

Les liannisants très présents sont représentés par Hedera helix et Smilax aspera. La hauteur de ce sous-bois varie de 0,50 à 1,50 m pour une moyenne de 1 m.
Son recouvrement au sol est très hétérogène, variant de 1 à 50 % pour une moyenne de 22 %.

La strate herbacée est représentée par des espèces sciaphiles telles que Pteris aquilina, Osmunda regalis ; des graminées Hyparrhemia hyrta, Brompus sp., des composées et quelques pieds d'Asphodèle qui trouvent là encore quelques conditions favorables. Son développement printanier est important. Il s'effectue juste avant le débourrement des arbres et conduit alors à un recouvrement de 63 % en moyenne. Cette strate herbacée est alors vite consommée par de nombreux troupeaux de bovins et ovins nonobstant l'interdiction de l'administration du parc national, dont la zone fait partie.

1.3.4. La pineraie à Pinus pinaster :

Ce biotope constitue l'un des deux (2) milieux annexes que nous avons choisi de caractériser pour la place qu'ils tiennent dans le paysage forestier de la région.
Les reboisements en Pin maritime ont été réalisés partout où le couvert forestier naturel de la région a été considéré comme trop maigre par l'administration algérienne des forêts. Ce sont surtout les sols dunaires qui ont été reboisés avec cette essence sur une superficie globale qui dépasse les 3000 ha. Les arbres ont été plantés au sein du Cocciferetum et leur vigoureuse régénération par semis naturel témoigne de leur bonne acclimatation. Ces reboisements se sont effectués sur une période d'une vingtaine d'années, le site échantillonné comptant parmi les plus anciens.
D'une manière générale, les arbres plantés n'ont pas subi de traitement particulier (coupe, élagage..) ; il en résulte des milieux très touffus dont les arbres conservent encore leurs premières branches à la

base du tronc. Leur disposition géométrique initiale est rompue par la mort prématurée de certains sujets et leur remplacement par des individus issus d'un semi naturel incontrôlé (Photo 10).
Les arbres atteignent une hauteur maximale de 10 m avec une hauteur moyenne de 7,60 m. Leur densité de plantation leur confère un recouvrement qui varie selon les stations de 40 à 70 % pour une moyenne de 60 %.
Le sous-bois qui était à l'origine un maquis haut, se caractérise par la présence dominante de Quercus coccifera, Pistacia lentiscus, Mirtus communis, Halimium halimifolium. Sa hauteur, importante, varie de 1 à 3,5 m pour une moyenne de 2,20 m. Il recouvre selon les stations 40 à 80 % du sol, 63 % en moyenne.
Nous sommes donc en présence d'un milieu forestier à haute densité de végétation qui plus est, non entretenu, difficilement accessible.
La strate herbacée caractérisée par Chamaerops humilis et quelques graminées est peu importante. Son recouvrement n'est que de 3,5 % en moyenne (Tableau 5).

1.3.5. L'Eucalyptaie à Eucalyptus camaldulensis et Eucalyptus globulus :

L'introduction de l'Eucalyptus en Algérie remonte à la période coloniale.
Cette essence à développement rapide, grande consommatrice d'eau, était plantée à des fins de drainage du sol et possédait également quelque vertu pour éloigner les insectes, notamment les moustiques, près des zones humides. Du reste, tous les vestiges de fermes de colons dans la région, sont entourés d'immenses Eucalyptus plus que centenaires.

A peu près contemporains des reboisements de Pins, l'Eucalyptus occupe actuellement dans la région d'El-Kala au sens strict, une superficie de près de 2000 ha. Les 2 espèces ont été plantées au niveau des piémonts de collines basses de la zone qui s'étend grossièrement du lac Tonga à la ville de Bouteldja au sud-ouest et au lac Mellah à l'ouest.
C'est un projet d'implantation d'une usine de pâte à papier qui a, initialement, motivé ce reboisement. Des difficultés diverses ont compromis la concrétisation de ce projet, jugé par ailleurs et à juste titre, insensé, par plusieurs spécialistes de l'environnement, en laissant plusieurs centaines d'hectares d'Eucalyptus sans projet d'exploitation. L'essence s'est parfaitement acclimatée et se régénère par semis naturel en envahissant progressivement les maquis à Chêne-liège environnants.

Non entretenues, les forêts d'Eucalyptus sont denses et broussailleuses. Leur recouvrement moyen est de 58 %. Les arbres, relativement jeunes, atteignent une hauteur moyenne de 18 m. (Photo 11). Plantés dans des maquis, ces peuplements en ont gardé la structure et la composition du sous-bois. Celui-ci est caractérisé par la présence de Calycotome villosa, Genista ferox, Pistacia lentiscus, Mirtus communis, Rubus ulmifolius.... il a été cependant clairsemé à mesure que les conditions d'ensoleillement et d'humidité du sol se modifiaient avec la croissance des arbres.
Son recouvrement moyen est actuellement de 28 % pour une hauteur moyenne de 1,5 m.

La strate herbacée est représentée par Asphodelus microcarpus, Urginea maritima, Chamaerops humilis, Bropus sp.. Elle recouvre en moyenne 30 % du sol. (Tableau 5).

2 - L'ACQUISITION DES DONNEES :

2.1. Méthodes d'échantillonnage de l'avifaune :

Diverses méthodes de dénombrement des oiseaux forestiers et plus paticulièrement des passereaux, ont été mises au moins depuis quelques dizaines d'années. Voir à ce propos, la revue de Blondel (1969) et Robins (1978). La plupart de ces méthodes sont conçues pour dénombrer les passereaux en période de nidification.

En effet, durant cette période, les oiseaux manifestent un comportement territorial qui les fixe en quelque sorte sur place pendant quelques semaines, ce qui leur confère une meilleure accessibilité à l'observation dans la mesure où ce territorialisme s'accompagne d'une activité au chant importante.

Méthodes absolues ou méthodes par sondage, elles ont toutes pour objectif de préciser la composition d'un peuplement d'oiseaux, ou, la composition de ce peuplement assorti de l'abondance des espèces qui le composent.

Il n'est pas dans l'objet de ce travail, de passer en revue les principales méthodes d'échantillonnage de l'avifaune et de discuter leurs fondements méthodologiques. Nous renvoyons pour cela, le lecteur, à l'abondante littérature disponible (cf revue bibliographique, in Blondel op. cit).

Les méthodes adoptées pour les besoins de cette étude devaient répondre à 2 critères principaux : - Leur adaptation au terrain d'investigation et leur reproductibilité, conformément à un standard méthodologique permettant d'opérer des comparaisons de données ayant été acquises par des observateurs différents dans des lieux différents.

Sur la base de ces critères, 2 méthodes complémentaires ont été retenues. Une méthode relative, la méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A), et une méthode absolue, la méthode de cartographie des territoires ou méthode des quadrats.

Il nous semble, par ailleurs, utile de préciser que ces méthodes sont pour la première fois employées en Algérie et que ce travail constitue en quelques sortes un test de leur utilisation dans la région.

2.1.1. La méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A.) :

Méthode d'échantillonnage quantitative par sondage, la méthode des I.P.A. dérive, dans son principe, de la méthode itinérante des indices kilométriques d'abondance ou I.K.A., mises au point, respectivement par Blondel, Ferry et Frochot (1970) et Ferry et Frochot (1958).

Sa souplesse d'utilisation lui a conféré une certaine popularité dans le milieu des ornithologues européens et a été, de ce fait, utilisée par de nombreux auteurs :

Jorgensen (1974), Lebreton et al. (1976), Thévenot (1979), Walankiewicz (1977), Muller (1985). Elle a fait, par ailleurs, l'objet d'une standardisation lors d'un congrès de l'International Bird Census Comitee (I.B.C.C.) en 1977.

2.1.1.1. - Principe de la méthode, avantages et inconvénients :

La méthode des I.P.A. est une méthode d'échantillonnage de l'avifaune par point d'écoute. Son caractère ponctuel lui confère le précieux avantage d'être utilisable dans de nombreuses conditions de terrain, en particulier celles où le morcellement et/ou les difficultés d'accès du milieu forestier interdisent l'utilisation de toutes méthodes itinérantes, qui nécessitent, elles, une préparation préalable du terrain pour en faciliter l'accès et, surtout, la disponibilité de superficies importantes et non morcelées.
Elle ne dépend que du facteur temps nécessaire à la réalisation du relevé et élimine, par conséquent, le biais imputable à la vitesse de déplacement de l'observateur des méthodes itinérantes.
La nature des résultats qu'elle procure, dont on peut calculer la moyenne et l'écart-type, permet leur exploitation statistique.

Ces avantages sont accompagnés de quelques inconvénients inhérents à la méthode même : Le pouvoir de résolution des méthodes ponctuelles d'une manière générale, est affaibli dans les milieux à forte densité d'oiseaux (Blondel et al. 1970). En effet, l'immobilité de l'observateur finit par provoquer un effet de saturation qui a pour conséquence une sous estimation de l'abondance des espèces à forte densité de population. Ce problème peut cependant être résolu par une réduction du temps d'écoute et une augmentation concomitante du nombre de relevés.

Cette immobilité inhérente à la méthode, a également pour conséquence un sous échantillonnage des espèces à faible densité et à faible détectabilité. Pour notre part, nous avons préféré adopter, à ce propos, une mobilité relative au niveau de chaque point d'écoute, consistant à effectuer un mouvement de recherche active dans un rayon d'une quinzaine de mètres autour du "point", pour accroître les chances de détection d'espèces ou d'individus discrets. Nous pensons que ce mouvement de recherche n'altère pas le caractère ponctuel du relevé compte-tenu du rapport de surface station/point.

L'indice ponctuel d'abondance d'une espèce dépend de sa détectabilité. Ceci implique que deux 2 espèces ayant la même densité, peuvent, à cause de différences éthologiques donc de la manière dont elles se manifestent à l'observateur, ne pas avoir le même indice d'abondance. Cette différence de détectabilité entraîne donc l'impossibilité méthodologique de comparer les I.P.A. de 2 espèces (Blondel et al. 1981 : Muller 1985).
En revanche, on devrait pouvoir comparer les I.P.A. d'une même espèce entre différents milieux à condition de vérifier que la détectabilité de cette espèce ne varie pas dans de proportions importantes avec la structure du milieu ; ou ces I.P.A. à des époques différentes pour le même milieu.

Enfin, il peut être aléatoire de comparer des I.P.A. mesurés par des observateurs différents. Ce risque est causé par la différence de perception, de l'environnement avien en général, par diverses personnes. Mouvement, vitesse d'évolution et manifestations sonores des oiseaux, peuvent en effet ne pas être perçus avec la même acuité par tout le monde. Cet obstacle, qui peut-être théoriquement considéré

comme majeur, dans la mesure où il empêcherait toute étude comparative entre observateurs différents, peut néanmoins être contourné dans la mesure où un effort de standardisation de la méthode dans ses modalités d'application sur le terrain est réalisé, et, lorsque, comme le suggèrent Blondel et al. (op. cit.), les observateurs sont formés à la même école.

Cependant, un sérieux biais peut persister dans le cas d'une approche comparative. Il concerne la fraction des individus d'une population, dont la discrétion les rend indétectables et la fraction des mâles qui n'aboutissent pas dans leur comportement reproducteurs, alors qu'ils sont comptabilisés comme nicheurs (mâles célibataires à comportement territorial). Dans les 2 cas, une comparaison des résultats entre différents observateurs dans des régions différentes, ne serait théoriquement licite, que si l'on est assuré de la constance de ces 2 fractions d'une région à l'autre et, pour la même région, d'une année à l'autre.
La fraction des inemployés dans une communauté en Europe est estimée à 10 % (Palmgren, 1930 ; Kendeigh, 1944, Enemar, 1959 ; Blondel, 1965) cités par Blondel (1969). Cette fraction reste inconnue dans notre région. En revanche, la fraction des indétectables (par les méthodes de sondages ou de cartographie des territoires) n'a pas fait, à notre connaissance, d'estimation.
En dépit de ce biais, nous pensons que la démarche comparative ne perd pas de son intérêt, compte-tenu de la cohérence à posteriori des résultats, d'un observateur à l'autre.

2.1.1.2. *Procédure d'application et remarques méthodologiques* :

La méthode des I.P.A. est basée sur la réalisation d'un double comptage dont l'importance a été discutée par Spitz (1982) et souligné par Muller (1987).
2 points d'écoutes, dits I.P.A. partiels dont la durée ne doit pas dépasser 20 mn chacun, sont réalisés, le premier au début de la période de reproduction, en gros de fin mars à fin avril pour contacter les nicheurs précoces ; le second durant la seconde moitié de la période de reproduction, soit du début mai à la fin juin exactement à la même place, pour contacter les nicheurs tardifs.
L'I.P.A. d'une espèce en ce point, ou I.P.A. unité de l'espèce, est la plus grande des 2 valeurs des I.P.A. partiels.
L'I.P.A. d'une espèce dans un biotope donné à une période donnée, est la moyenne des I.P.A. unités de cette espèce pour le biotope et la période considérée.

Chaque point d'écoute doit durer en principe 20 mn. Cette durée peut être ramenée à 15, 10 voire 5 mn pour des milieux très pauvres. Le découpage de la durée du relevé, en périodes de 5 mn, permet de mesurer le gain en contact et en espèces en fonction du temps d'écoute.
Durant cette période, l'observateur immobile, ou relativement immobile, note tous les contacts qu'il a avec les oiseaux compris théoriquement dans un cercle fictif dont il occupe le centre et dont le rayon est égal à la portée acoustique de l'oiseau le plus éloigné, à condition d'en avoir identifié la position. Les efforts de standardisation ne doivent pas empêcher une certaine vigilance et une grande rigueur pour éviter par exemple de noter 2 fois ou plus, le même individu qui se serait déplacé, de "laisser

passer" des espèces qui seraient manifestées de manière furtive, spécialement au tout début ou à la fin du relevé.
Les contacts sont portés sur une fiche de terrain sur laquelle sont notées un certain nombre de données relatives aux conditions environnementales en rapport avec la problématique abordée.

Un code préétabli permet d'attribuer, à l'individu contacté, une cote selon la manière dont il s'est manifesté à l'observateur. Nous pensons, en effet, contrairement à Prodon (1988), que l'inférence de l'abondance des oiseaux à partir de leur comportement, permet d'enrichir l'information acquise au cours d'un relevé. Un oiseau observé en train de construire un nid ou nourrir une nichée n'a pas le même "poids" qu'un oiseau simplement vu traversant l'espace forestier, même si celui-ci est susceptible de construire un nid ailleurs, auquel cas le relevé suivant le coterait en conséquence.

Nous avons donc adopté les cotations et les symboles suivants, inspirés des recommandations de l'I.B.C.C. (Tableau 4).

Type de manifestation	Symbole	Cotation en couple
- Chant	σ	1
- Transport de matériaux ou construction d'un nid	TM	1
- Transport de nourriture	TN	1
- Scène de nourrissage	N	1
- Observation d'une famille	F	1
- Tambourinage territorial d'un pic	+	1
- Observation d'un oiseau posé	op	0,5
- Observation d'un oiseau en vol	ov	0,5
- Cri d'alarme ou d'appel	*	0,5

Tableau 4 : Cotation en couple des types de manifestation des oiseaux.

Les relevés doivent être réalisés tôt dans la journée, généralement une demi-heure avant le lever du soleil, jusqu'à 2 à 3 heures après. Cette période permet d'effectuer 5 à 6 points d'écoutes si le couvert végétal est facilement accessible.
Ils doivent être effectués dans des conditions atmosphériques correctes, en évitant les conditions extrêmes, trop ou trop peu favorables (Yapp cité par Affre 1976).
Si la pluie ne constitue pas un élément trop gênant, sauf il elle est forte, le vent en revanche, a une forte influence sur les résultats, par la gêne acoustique et la diminution de l'activité des oiseaux (chant, vol..) qu'il occasionne.
La chaleur, notamment durant les journées de sirocco où elle se manifeste très tôt le matin, constitue également un important élément de ralentissement de l'activité des oiseaux. Durant certaines journées de mai, l'activité au chant cesse parfois dès 6 heures !
Le froid provoque les mêmes effets, de manière, cependant, moins spectaculaire.

Afin d'éviter de comptabiliser, deux (2) fois, les mêmes individus, il est nécessaire d'espacer suffisamment les points d'écoute. Il est généralement admis qu'en milieu fermé, 300 m soit 500 "bons" pas sont suffisants pour séparer deux (2) relevés. En milieu ouvert (maquis arborés ou pas, pelouses), cette distance peut utilement être portée à 500 ou 600 m, surtout si le relief est vallonné, provoquant ainsi des "effets de versant" c'est-à-dire des conditions acoustiques exceptionnelles permettant d'entendre un oiseau à près d'un kilomètre. Il serait préférable, dans ces conditions, de disposer les relevés en opposition de versant plutôt que dans des versants qui se font face, surtout si la distance des points est inférieure à un km.

les relevés doivent être exécutés dans les conditions maximales d'homogénéité pour chaque biotope défini, en prenant soin, surtout dans une structure en mosaïque du paysage, d'éviter l'effet de lisière tel que Frochot (1983, 1987) en a défini les caractéristiques.

Une des difficultés inhérente au double comptage réside dans l'élaboration d'un calendrier, lors d'une campagne intensive d'échantillonnage, qui respecte une répartition homogène des relevés dans les biotopes à caractériser. Il suffit en effet, de quelques jours de mauvaises conditions atmosphériques, pour perturber un programme laborieusement mis au point. La règle générale à respecter est la simultanéité de l'acquisition des données dans l'ensemble des biotopes étudiés.
Cette simultanéité (en fait relative) n'est possible qu'au prix d'un effort de déplacement permettant de répartir dans le temps des "paquets élémentaires" de relevés sur tous les biotopes en un temps relativement court et en tirant au hasard l'ordre d'échantillonnage des biotopes. Pour notre part, nous avons choisi de réaliser des "paquets élémentaires" de 3 relevés par biotope permettant d'échantillonner 2 biotopes par jour, les 11 biotopes en 6 jours. Ainsi chaque I.P.A. partiel s'est vu réaliser en environ 6 semaines pour l'ensemble des milieux compte-tenu du fait que certains jours plus de deux milieux ont été échantillonnés la même journée. La première série de relevés partiels a été effectuée du 20 mars au 30 avril ; la seconde, exactement dans le même ordre, du 7 mai au 25 juin.

Dans ses réflexions sur les méthodes d'échantillonnage par sondage des I.K.A et I.P.A, Affre (1976) juge "peu opportun d'exécuter les premiers sondages élémentaires concernant une espèce avant que la population soit stabilisée... La généralisation à de nombreuses régions de France - ou d'ailleurs - des comptages au début du printemps (mars - début avril) risque de provoquer des erreurs importantes car des individus hivernants ou migrateurs de certaines espèces (Rouge-gorge, Grive musicienne, Pouillots...) se manifestent fréquemment à cette période et il est le plus souvent impossible de les discriminer de la minorité qui restera sur place pour nicher".

La méthode des I.P.A. dérive, comme nous l'avons vu précédemment, de celle des I.K.A. Cette dernière a été mise au point en Bourgogne et son protocole d'application a un caractère empirique, basé sur une réalité écologique régionale objective : les flux migratoires spécifiques dont la partie nord de la France constitue une des étapes finales. La remarque d'Affre trouve toute sa signification dès lors

que le protocole d'application de la méthode ne correspond plus aux conditions locales qui ont présidé à son élaboration.
La localisation de notre région d'étude, sur la rive méridionale de la Méditerranée à 1500 km au sud de la Bourgogne, a justement généré ce qui nous semble être pour certaines espèces, une distorsion des résultats d'échantillonnage, liée aux flux migratoires de ces espèces, qui se produisent durant la période d'exécution des relevés.

L'application d'un protocole méthodologique du type de celui utilisé, même standardisé, dans une région où est, à priori, inconnue la phénologie des espèces, peut constituer une opération à risque exactement pour les raisons qu'Affre évoque, c'est-à-dire la superposition de populations hivernantes et nicheuses de la même espèce conduisant automatiquement à une surestimation de l'abondance de ces espèces. A cela nous rajouterons, comme risque, de biais concernant notre région, la présence tardive d'espèces strictement hivernantes (Bergeronnette grise, Grive musicienne, étourneau sansonnet, Pipit des près), et ce qui nous semble constituer la source d'erreurs la plus importante, la "dilution non sélective" dans tous les biotopes, d'estivants nicheurs lors du passage prénuptial. On observe, en effet, pour certaines espèces (Loriot d'Europe, Hypolaïs polyglotte, Gobe-mouches noir, Fauvette orphée...) durant une certaine période au courant du mois d'avril, une répartition quasi uniforme dans un grand nombre de milieux. Cette répartition devient plus sélective au fur et à mesure que le flux migratoire baisse et que se cantonnent les nicheurs locaux.
Si la présence durant l'échantillonnage, des espèces hivernantes strictes, ne pose pas de problème particulier, du moment qu'elles sont dûment identifiées comme telles et systématiquement éliminées des données, il n'en n'est pas de même, en revanche, pour les espèces hivernantes dont une partie niche dans la région (Rouge-gorge, Fauvette à tête noire) et dont les hivernants sont encore présents pendant une partie du mois d'avril, ainsi que pour les estivants nicheurs qui manifestent un phénomène de dilution dans le milieu, au cours de la même période.
Pour ces deux derniers cas, une solution consisterait à reculer la date d'échan-tillonnage jusqu'à ce que soient stabilisées les populations locales. Nous prendrions alors le risque, de réduire fortement la taille de l'échantillon, puisqu'il débuterait vers la deuxième quinzaine d'avril et, par ailleurs, de perdre une partie de l'information relative aux nicheurs locaux dont l'activité débute dès la mi-mars.

En tout état de cause, dans un souci de respect des normes de l'I.B.C.C, nous avons pris le parti de collecter les données telles qu'elles se présentaient pour ce qui concerne les oiseaux nicheurs, sans chercher à effectuer de corrections, qui, de toutes façons, ne seraient fondées par aucune donnée précise.

220 I.P.A. unités soit 440 relevés partiels ont été réalisés sur 11 milieux, à raison de 20 relevés par milieu. Le nombre de relevés par milieu a été fixé sur la base des données de Blondel et al. (1981), en calculant la moyenne entre le nombre de relevés permettant d'atteindre une pente nulle dans les courbes de richesse cumulée d'une forêt de Chêne vert, en situation insulaire (la Corse) avec 14 relevés et en situation continentale (la Provence) avec 26 relevés.

Pour éviter un éventuel effet de site, nous avons réparti les 20 relevés sur autant de sites disponibles pour chaque biotope. La répartition des relevés dans un biotope a été faite selon le réseau de coulées de sanglier ou de bovins dont la densité et l'isotropie de la direction, permettent une répartition au hasard des points d'écoute et d'assurer, par conséquent, à l'échantillonnage, un caractère aléatoire. 165 I.P.A. ont été réalisés au printemps 1989 et 55 autres au printemps 1990.

2.1.2. La méthode de cartographie des territoires :

2.1.2.1. *Généralités* :

Méthode absolue de dénombrement des individus territoriaux, la méthode de cartographie des territoires ou quadrat, se fonde sur une caractéristique importante de la plupart des oiseaux : leur territorialisme et, par conséquent, leur stabilité en période de reproduction. Cette stabilité permet à un observateur de les dénombrer relativement aisément en se basant sur la redondance des contacts qu'il obtient avec les oiseaux, au même endroit, durant la période de nidification ou une fraction de cette période. Les résultats qu'elle fournit permet de connaître avec une certaine précision la densité d'un peuplement ou d'une fraction de peuplement d'oiseaux d'un milieu ou d'un site donné à un moment donné. Sa relative précision a été la principale cause de son succès et de son utilisation par de nombreux ornithologues.

Blondel (1969) ne cite pas moins de 20 auteurs parmi un grand nombre de chercheurs dont Turcek (1959, 1956, 1957), Odum (1950), Ferry (1964) et Blondel (1965).
De nombreuses descriptions de la méthode ont donné lieu à une abondante littérature, dont celle de Pough (1950) semble faire l'unanimité quant à la qualité.
Les divers protocoles d'application de la méthode et surtout de lecture de données identiques, par différents auteurs, a cependant révélé des variations relativement importantes dans l'interprétation des résultats de dénombrements (Svensson 1974).
Cependant, Muller (1985) estime que l'auteur même du dénombrement, est plus apte à interpréter de manière précise ses propres résultats, par la familiarisation progressive qu'il acquiert avec les oiseaux de son quadrat, que des tierces personnes à qui l'on aurait soumis les résultats du dénombrement sous forme de cartes spécifiques. Dans l'objectif de minimiser les erreurs résultant de différences d'interprétation de données de dénombrement, la méthode des quadrats a fait l'objet d'une standardisation lors du congrès de l'I.B.C.C. en 1969. C'est sur la base de ce standard méthodologique, dont nous avons le plus scrupuleusement possible respecté les recommandations, que nous avons réalisé les dénombrements absolus dans le cadre de cette étude.

2.1.2.2. *Les quadrats échantillonnés* :

3 dénombrements par quadrat ont été réalisés en complément des sondages par I.P.A. :

- Un quadrat de 12 ha dans la zéenaie en 1990 ; quadrat du Ghorra.

- Un quadrat de 20 ha dans le maquis à strate arborée dense en 1990 ; quadrat de Brabtia.

- Un quadrat de 50 ha dans un milieu herbacé en 1991 ; quadrat d'El-FRIN.

Le quadrat du Ghorra a été réalisé dans la zéenaie du massif du même nom, à l'extrémité sud du parc national d'El-Kala. Il a été aménagé dans une parcelle de 12 ha dans une partie jugée représentative du reste de la forêt, c'est-à-dire où la plupart des éléments de l'ambiance forestière étaient réunis - existence de sources, d'amas rocheux, de vieux et jeunes arbres, de liannisants, d'arbres morts d'une couverture buissonnante approximativement équivalente à celle du reste du massif... -. Fortement pentu, 35 % en moyenne, comme le reste du massif en général, il reste d'accès relativement mal aisé. La densité du couvert végétal et les nombreux obstacles visuels, nous ont contraint à réaliser un balisage selon un quadrillage dont les mailles ont environ 30 m de côté, en plaçant des marques relativement discrètes sur le tronc des arbres. Ce travail lourd de préparation a, du reste, été réalisé 2 fois de suite à cause de l'initiative de quelque berger qui a décidé de récupérer pour son compte les marques de plastique... ainsi que les clous qui ont servi à les fixer (1).

10 visites ont été consenties sur ce quadrat. Elles ont été réparties du 3 avril au 27 juin 1990 et ont totalisé 21 H 40 mn d'échantillonnage.
Simultanément à ces visites, six (6) relevés par I.P.A. ont été réalisés dans le quadrat pour calculer les coefficients de conversion spécifiques permettant d'extrapoler la densité des espèces à partir de leur indice d'abondance. Ces coefficients de conversion, calculés par la relation $C = \frac{D}{I.P.A.}$, permettent de lever la contrainte liée à l'incomparabilité des I.P.A. moyens spécifiques, en les transformant en densité (Blondel et al. 1970, Muller 1985).

Le quadrat de Brabtia a été réalisé dans une formation mixte de structure générale très similaire à celle du maquis à strate arborée dense, avec en mélange, des îlots de quelques hectares de Pin maritime de faible hauteur. Aménagé sur une surface rectangulaire de 500 m de long sur 400 m de large, il est localisé à une dizaine de kilomètres à l'ouest de la ville d'EL-Kala, dans les collines basses de Brabtia.
10 visites y ont été effectuées, du 29 mars au 13 Juin 1990, totalisant 20 h 30 mn d'échantillonnage. De même que pour le quadrat du Ghorra, 7 relevés par I.P.A. y ont été simultanément réalisés pour le calcul des coefficients de conversion des espèces recensées.

(1) C'est à dire 110 arbres marqués à raison de 3 marques par arbres et 2 clous par marque, soit 330 marques et 660 clous. Opération lucrative qui en dit long sur le caractère discret des marques. Ce qui était subjectivement jugé d'un point de vue strictement avien.

Le quadrat d'El-Frin est localisé à environ 5 km au sud du village du même nom. Aménagé de part et d'autre de la route nationale 44, il a la forme d'un quadrilatère de 800 m de long et 625 m de large. D'une superficie de 50 ha, il est quasiment limité dans sa bordure ouest par la rivière Messida, un cours d'eau à débit lent et faible, et traversé en son centre, dans le sens de la largeur par un petit ruisseau, affluent de la Messida. De physionomie hétérogène, il est formé de la juxtaposition de jachères herbeuses, de terres cultivées en céréales, de parcelles faiblement broussailleuses et de plantes aquatiques (Typha-Phragmites) le long des cours d'eau. Il est par ailleurs traversé par 2 lignes électriques à haute tension.
15 visites y ont été réalisées du 25 mars au 25 Juin 1991, totalisant 25 H 30 mn d'échantillonnage. A l'instar des quadrats du Ghorra et de Brabtia et pour les mêmes objectifs, 7 I.P.A. y ont été réalisés la même année.

2.2. Méthode de caractérisation du milieu : Diagnose de l'habitat.

2.2.1. Généralités :

La description de l'habitat des oiseaux a été et reste encore un des soucis majeurs des ornithologues. Depuis que l'on a pris conscience du rôle objectif joué par la végétation sur la répartition des espèces et des individus, de nombreux travaux ont été consacrés à la recherche de méthodes précises et fiables de caractérisation de l'habitat en vue d'une corrélation avec les paramètres qui caractérisent les peuplements d'oiseaux, et ce, dans un but prédictif. (Mac Arthur et Mac Arthur 1961 : Cody 1966 ; Blondel et al 1973. Blondel et Cuviller 1977..) voir également la revue critique de Farina (1983).

D'une manière générale, les ornithologues ont commencé par utiliser les méthodes mises au point par les phytoécologues et ont étudié les liens qui unissaient les paramètres de composition et de structure des peuplements d'oiseaux avec des éléments tels que la densité des arbres, le recouvrement de la voûte, la surface terrière, le toit de la végétation...

Des méthodes plus sophistiquées et plus spécifiques à l'étude des avifaunes ont par la suite été introduite par Mac Arthur et Mac Arthur (1961), avec la technique du "Half obscured board" ; par Mac Arthur et Horn (1969) avec celle de la "35 mm camera" et enfin par Blondel et Cuviller (1977) avec le "stratiscope".
Le principe de ces méthodes réside dans l'évaluation de la distribution du volume végétal à différentes hauteur du sol. Blondel et Cuvillier utilisent une stratification verticale selon une échelle de progression géométrique de raison 2, proposée par Daget et al. (1968). Cette évaluation a pour but d'obtenir notamment pour Blondel et al., un indice de complexité de la végétation qui caractérise alors chaque type de milieu.

Ces procédés semblent particulièrement intéressants pour des typologies de peuplements d'oiseaux le long de successions de végétation. Ils présentent, néanmoins, l'inconvénient de ne pas être facilement généralisables dans la mesure où ils sont assujettis à la disponibilité d'un appareil.
Par ailleurs, il nous semble que le "gain" en précision que ces méthodes permettent, dans un esprit d'utilisation à des fins prédictives, n'est pas suffisant pour justifier l'abandon de méthodes plus légères de diagnose des habitats (cf. infra).

2.2.2. Les descripteurs utilisés et la notion d'Eco-Volume Végétal (E.V.V.) :

La nécessité de dépasser le cadre d'une simple description qualitative des milieux échantillonnés nous a conduit à sélectionner un certain nombre de paramètres de la végétation dans le but de disposer d'un descripteur quantifiable, et d'en mesurer la corrélation avec les paramètres de structure des peuplements d'oiseaux échantillonnés.
Si la connaissance empirique des causes de distribution de certaines espèces, conduit à sélectionner certains descripteurs de la végétation, il s'avère bien vite que ceux-ci n'ont qu'un pouvoir discriminant relatif et ne rendent compte que de la distribution d'une espèce ou d'un groupe d'espèces, dans des conditions stationnelles bien précises.
C'est pour cette raison que des descripteurs, à valeur strictement stationnelle tels que :

- Présence d'eau (source - oued - nappe affleurante...)
- Présence de bois mort à terre ou sur pied.
- Présence de liannisants.
- Présence de perchoirs artificiels (clôture, ligne à haute tension...).
- Présence d'éboulis rocheux.- présence d'habitations.

n'ont pas été retenus pour l'analyse des données.
Nous avons pris le parti, parmi la grande quantité de descripteurs mesurés lors des campagnes d'échantillonnage, de ne retenir que ce qui devait avoir le caractère d'un paramètre "global", c'est-à-dire susceptible de caractériser globalement un biotope ou stade successionnel et "homogène" c'est-à-dire être mesurable dans les mêmes conditions dans tous les biotopes. Ce caractère global et homogène du paramètre autorise alors une comparaison objective d'un milieu à l'autre ou d'un stade à l'autre d'une succession végétale.

Nous partons du principe qu'un peuplement d'oiseaux intègre l'ensemble de la structure verticale et horizontale de la végétation, en vertu de la théorie de la niche écologique. Dès lors, la caractérisation d'un habitat, pour complexe qu'elle soit, doit d'ores et déjà se baser sur un paramètre intégrant à la fois la structure verticale et la structure horizontale de la végétation.
La structure verticale peut être définie de manière globale par le toit de la végétation. Pour intéressant qu'il soit, ce descripteur occulte la complexité de la répartition verticale de la végétation dont le rôle n'est plus à démontrer (cf. supra).

Elle peut être définie à travers une stratification complexe du "mur" de végétation qui s'élève du sol à la cime des arbres (dans un milieu fermé) toutes formes de végétation (arborée -buissonnante - herbacée) confondues. (cf Blondel et al.).
Nous avons, pour notre part, choisi de la définir à travers la hauteur des trois (3) strates fondamentales dont la végétation est constituée : la strate arborée, la strate buissonnante et la strate herbacée considérées séparément et dont la hauteur cumulée peut être supérieure au toit de la végétation. La strate buissonnante est considérée comme telle, c'est-à-dire pure, comme dans les maquis, ou mélangée à de jeunes arbres lorsqu'elle constitue physionomiquement un sous-bois.
Nous avons défini la structure horizontale de la végétation par son recouvrement au sol, en mesurant le recouvrement des 3 strates considérées séparément.

La combinaison de la structure horizontale et verticale conduit à la notion d'Eco-Volume Végétal qui est compris comme la somme des volume de végétation des trois (3) strates. Celui-ci est calculé à partir des valeurs de leur hauteur et de leur recouvrement par la relation : E.V.V. = Σ (Hi. Ri) = (Hh. Rh) + (Hb.Rb) + (Ha.Ra) avec Hh, Hb, Ha : respectivement hauteur de la strate herbacée, buissonnante et arborée. La hauteur de la strate arborée est limitée à celle de la frondaison, c'est-à-dire à partir de la première branche, considérant que le rôle fonctionnel du tronc seul, d'un point de vue avifaunistique, est négligeable et que sa prise en compte provoque un surdimensionnement de l'E.V.V. arboré. Rh, Rb,Ra : respectivement recouvrement de la strate herbacée, buissonante et arborée.

La hauteur des 3 strates a fait l'objet de mesures multiples. Pour chaque point d'écoute, les strates herbacées et buissonnantes sont mesurées à 5 reprises au mètre pliant dans un périmètre de 50 m de rayon environ autour du point d'écoute. La strate arborée est mesurée au dentromètre également 5 fois. De ces valeurs, nous retenons la moyenne qui caractérise la hauteur de chaque strate en chaque point.

Le recouvrement de chaque strate est beaucoup plus estimé que mesuré. Cette estimation est effectuée à l'aide d'un système de feuilles transparentes, sur lesquelles sont noircies des surfaces correspondant à un recouvrement précis, qui, par superposition successives donnent une représentation approchée du recouvrement de chaque strate, pour peu que l'observateur fasse un effort mental pour transformer l'échelle de lecture en passant de la strate arborée à la strate herbacée. (cf. figure).
Le recouvrement est mesuré globalement, 2 fois, à 180°, au niveau de chaque point d'écoute. La moyenne de ces 2 mesures donne le recouvrement de la végétation du point d'écoute.

Le volume tel qu'il a été défini, englobe le végétal ainsi qu'une partie de l'espace périphérique immédiat en postulant que ce dernier fait partie, pour les oiseaux, de la zone écologiquement fonctionnelle du végétal. Cette conception, évitant la difficulté d'avoir à mesurer un volume complexe strictement confiné aux limites d'un arbre ou d'un buisson. (Fig. 6).

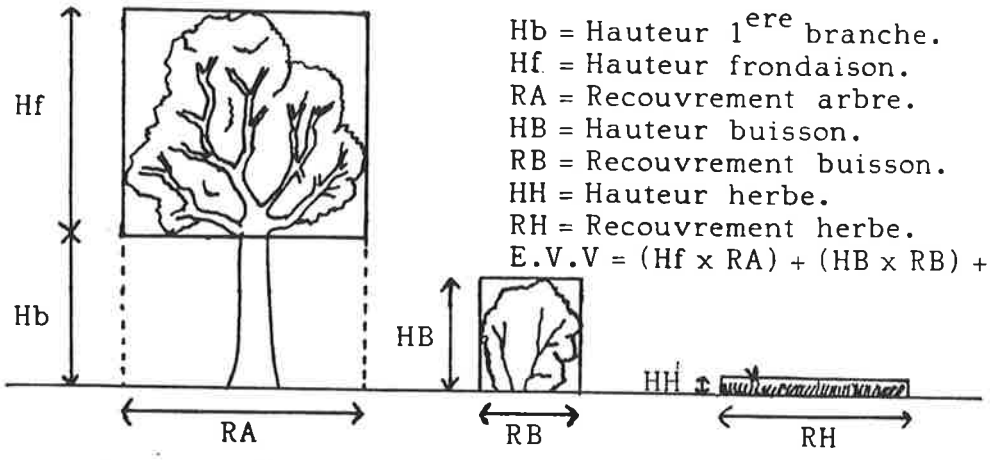


Figure 6: Mode de détermination de l'Eco-Volume Végétal (E.V.V).

Ainsi, vingt (20) valeurs permettent de calculer l'E.V.V. moyen qui caractérise chaque biotope. L'E.V.V. peut être exprimé sous forme d'indice, sans unité, ou bien être ramené à un volume et dans ce cas, s'exprimer en "m^3 E.V.V". Les 2 valeurs sont strictement équivalentes. (Tableau 5).

En plus de la caractérisation de la végétation par la mesure de l'E.V.V. nous avons procédé à la mesure de l'altitude au niveau de chaque station.

Tableau 5 - Valeurs moyennes des paramètres de structure de la végétation des 11 biotopes échantillonnés.

Biotopes / Paramètres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hauteur arbres (m)	0	0	3,50	5,70	5,50	5,40	7,70	10,40	17,60	7,60	18,00
Hauteur 1ère branche	0	0	1,00	3,60	1,70	1,80	2,90	4,20	3,60	0,55	2,55
Hauteur frondaison	0	0	2,50	2,10	3,80	3,60	4,80	6,20	14,00	7,05	15,45
Recouvrement arbre %	0	0	0,07	0,50	14	34	60	64,5	68	60	57
Hauteur buisson (m)	0,23	0,6	1,38	2,36	1,47	1,14	2,46	0,50	1,00	2,20	1,50
Recouvrement buisson %	1,25	72,5	61,5	77,3	78,0	66,0	72,0	0,10	22,0	63,0	28,0
Hauteur herbe (m)	0,24	0,23	0,27	0,15	0,23	0,25	0,23	0,23	0,27	0,24	0,30
Recouvrement herbe %	77	4,2	16,3	2,8	5,2	15,8	6,3	9,9	63	3,6	30
E.V.Vi	19,50	40,00	90,00	184,4	170,0	209,25	467,92	399,41	994,37	567,92	947,10
I.C à 5 %	± 2,96	± 5,94	± 7,27	± 18,53	± 18,72	± 17,97	± 47,68	± 36,30	± 74,63	± 57,18	± 58,95
log nep. E.V.Vi	2,97	3,69	4,50	5,22	5,13	5,34	6,15	5,99	6,90	6,34	6,85

Biotopes :

1 = pelouses, 2 = maquis bas, 3 = maquis moyen, 4 = maquis haut, 5 = maquis à strate arborée claire, 6 = maquis à strate arborée dense, 7 = subéraie à sous bois, 8 = subéraie sans sous-bois, 9 = Zénaie, 10 = pineraie, 11 = eucalyptaie.

E.V.Vi = E.V.V. indiciel - Ic = intervalle de confiance - Log nep = logarithme népérien

3 - LES PARAMETRES EMPLOYES ET LEUR SIGNIFICATION : TRAITEMENT DES DONNEES :

Dans ce paragraphe est présenté l'ensemble des paramètres de composition et de structure des peuplements, employés dans cette étude.

3.1. La richesse totale S :

La richesse totale d'un peuplement est le nombre total d'espèces de ce peuplement. C'est le nombre total d'espèces contactées au cours d'une série de n relevés réalisés dans un biotope réputé homogène. La propriété principale de ce paramètre, est qu'il tend à augmenter avec l'effort d'échantillonnage. Ceci impose que la comparaison de la richesse de plusieurs biotopes, n'est valable que si l'effort d'échantillonnage entre biotope est le même. Cette comparaison peut cependant, se faire dans le cas où le nombre de relevés dans chaque biotope, a été jugé suffisant pour atteindre une richesse proche de la richesse réelle. Le degré de connaissance de la richesse échantillonnée est déterminé par la valeur du rapport a/N (Ferry, 1976) où a = nombre d'espèces de fréquence 1, N = nombre de relevés.

Ce rapport mesure la pente de la courbe d'espèces cumulée en fonction de l'effort d'échantillonnage, entre le dernier et l'avant dernier relevé. Si cette pente est nulle, toutes les espèces du biotope considéré ont été théoriquement contactées.

A l'inverse, plus la valeur du rapport a/N est élevée et moins la qualité de l'échantillonnage de la richesse est satisfaisant.

3.2. La richesse moyenne s :

La richesse moyenne d'un peuplement est la moyenne des richesses stationnelles ou par relevé. Ce paramètre tend à se préciser avec l'effort d'échantillonnage et peut être, contrairement à la richesse totale, statistiquement comparé d'un milieu à l'autre (Blondel, 1979). Il a l'avantage de n'accorder qu'un faible poids aux espèces rares et n'exprime que le nombre d'espèces que l'on peut considérer comme représentatives d'un milieu donné (Frochot, 1971).

3.3. Homogénéité des peuplements :

Le degré d'homogénéité intra-biotope d'un peuplement, peut être mesuré à partir de la variation de la richesse stationnelle d'un relevé à l'autre, par le coefficient V = 100 σ/s (Blondel, 1979). Plus la richesse stationnelle est instable, plus V augmente et plus le peuplement est hétérogène.

Une autre mesure de l'homogénéité d'un peuplement, considéré cette fois dans sa globalité, peut s'effectuer à partir de l'écart de la richesse moyenne à la richesse totale. Plus cet écart est important, plus le nombre d'espèces rares est important et plus le peuplement est hétérogène (Blondel et al. 1981).

L'homogénéité est mesurée par le coefficient T = 100 s/S où s = richesse moyenne et S = richesse totale. Plus T est grand et plus le peuplement est homogène.

3.4. La densité :

3.4.1. La densité spécifique di :

La densité d'une espèce i, est le nombre de couples de cette espèce, ramené à une superficie de 10 ha (I.B.C.C, 1969).

3.4.2. La densité totale D :

La densité totale d'un peuplement, est le nombre de couples de toutes les espèces du peuplement ; c'est la somme des di.

3.5. La biomasse :

3.5.1. La biomasse brute spécifique BBI :

La biomasse brute spécifique est la moyenne du poids des males et femelles adultes de l'espèce i, multipliée par 2 fois sa densité spécifique. Elle est exprimée en grammes/10 ha.
Les données calculées dans la présente étude, sont tirées de Perrins (1987).
La biomasse du Téléphone tchagra a été calculée d'après les données de Mac-Lean (1985). Celle du Bulbul gris a été estimée.

3.5.2. La biomasse consommante spécifique BCI :

La biomasse consommante d'une espèce i se calcule en élevant à la puissance 0,7 sa biomasse brute (Blondel, 1969a ; Frochot, 1971). Ce paramètre varie avec la surface du corps de l'espèce, donc avec son métabolisme, et permet de pondérer la différence entre les grandes espèces et les petites. Il traduit l'impact de l'espèce sur le milieu (Ferry et Frochot, 1970 ; Frochot, 1971).
Il s'exprime en grammes ^{0,7}/10 ha.

3.5.3. La biomasse brute du peuplement BBp :

La biomasse brute du peuplement représente la somme des biomasses brutes spécifiques.

3.5.4. La biomasse consommante du peuplement BCi :

La biomasse consommante du peuplement représente la somme des biomasses consommantes spécifiques.

3.5.5. La biomasse brute par espèce BB/sp :

La biomasse brute par espèce ou masse corporelle moyenne, représente la moyenne de la biomasse de chaque espèce. C'est la somme des poids de chaque espèce divisée par le nombre d'espèces dans un peuplement.

3.6. La diversité :

La diversité d'un peuplement est calculée à partir de l'indice de Shannon-Weaver (Daget, 1976). $H' = -\sum_{i=1}^{s} pi \log_2 pi$, où pi représente la fréquence relative de l'espèce i dans un peuplement et S la richesse totale de ce peuplement.

H' s'exprime en bits par individu. Il "mesure la quantité moyenne d'information donnée par l'indication de l'espèce d'un individu de la collection - moyenne calculée sur la collection, à partir des proportions d'espèces que l'on y a observé" (Frontier, Pichod-Viale, 1991).

H' prend sa valeur maximale $H'max = \log_2 S$, lorsque l'équi-répartition des espèces dans le peuplement est réalisée ; phénomène qui ne se réalise jamais du fait de la présence systématique d'espèces rares dans un peuplement.

Il prend sa valeur minimale lorsque toutes les espèces sauf une, sont représentées par un seul individu. Entre ces deux extrêmes, H' varie en fonction de la richesse du peuplement et de la distribution d'abondance des espèces de ce peuplement.

Plus la richesse est élevée et la distribution d'abondance équilibrée, plus la diversité est forte. Les fortes valeurs de H' traduisent généralement un degré élevé de complexité et de maturité d'un peuplement et, par là même, la complexité des facteurs mis en jeu dans l'environnement.

3.7. L'équitabilité E :

L'équitabilité est le rapport de la diversité observée à la diversité maximale. $E = \frac{H'}{H' max.}$. Elle mesure le degré d'équilibre et de complexité d'un peuplement par l'écart de H' par rapport à H'max.

Quand E est proche de 1, la diversité observée est proche de la diversité maximale. Elle traduit alors une distribution d'abondance proche de l'équilibre.

A l'inverse, quand E est proche de O, la diversité observée est faible et illustre une distribution d'abondance fortement hiérarchisée qui est le reflet d'un environnement simple, contraignant, dans lequel peu de facteurs structurent le peuplement.

3.8. La fréquence d'occurrence F :

La fréquence d'occurrence d'une espèce est le nombre de fois où elle apparaît dans l'échantillon, ramené à la taille de l'échantillon. C'est le rapport du nombre de relevés n dans lesquels l'espèce est présente, au nombre total de relevés N, multiplié par 100 pour l'exprimer en %. F = 100. n/N.

3.9. Le barycentre écologique g :

Le barycentre écologique ou centre de gravité écologique est un paramètre qui se calcule par la relation : $g = (di1 + 2di2 + 3di3 + 4di4 + ... + ndin)/\Sigma di$ (Daget, 1976) où di représente la densité de l'espèce i dans le stade 1-2-3...n de la succession.

Ce paramètre permet de situer, le long d'un gradient de ressources (ici l'habitat), le préférendum écologique d'une espèce. Il dépend, naturellement, étroitement, de la définition à priori du nombre de classes de ressource. Par ailleurs, son utilisation n'a pas de signification lorsque des espèces présentent une distribution bimodale le long d'un gradient.

3.10. L'amplitude d'habitat AH :

L'amplitude d'habitat d'une espèce est une mesure de la plasticité écologique de cette espèce vis à vis d'un descripteur du milieu.

Elle se calcule par la relation : $AH = e^{H'}$, où H' est la fonction de Shannon calculée avec des logarithmes népériens, $H' = pi \log_e pi$. pi représente la proportion de l'espèce i dans chaque modalité du descripteur (ici chaque stade successionnel).

AH varie de 1, si l'espèce n'est présente que dans un seul stade de la succession, à x = nombre de stades, si l'espèce est équi-répartie dans tous les stades de la succession.

Les espèces spécialistes, ou encore sténotopes, ont des amplitudes d'habitat faibles.

Les espèces généralistes, ou eurytopes, ont des amplitudes d'habitat élevées.

3.11. Similitude des peuplements :

Le degré de similitude des peuplements a été calculé à partir du coefficient de corrélation de point (Daget, 1976). Ce coefficient ne fait intervenir que l'aspect qualitatif d'un peuplement, c'est-à-dire la présence ou l'absence d'espèces.

Il se calcule par la relation : $r = ad - bc \;/\; \sqrt{(a + b)\,(a + c)\,(b + d)\,(c + d)}$

où a représente le nombre d'espèces communes à deux peuplements.

d représente le nombre d'espèces co-absentes de ces deux peuplements.

b représente le nombre d'espèces uniquement présentes dans un des 2 peuplements.

c représente le nombre d'espèces uniquement présentes dans l'autre peuplement.

r varie de moins 1 à plus 1. r = - 1 si les peuplements sont totalement dissemblables. r = + 1 si les peuplements sont totalement semblables. La ressemblance et la dissemblance des peuplements faisant intervenir à la fois, la co-absence et la co-présence des espèces.

Les résultats sont portés dans une matrice de similitude à partir de laquelle on peut construire une représentation graphique, sous la forme d'un dendrogramme de similitude (Legendre et Legendre, 1979).

3.12. Analyse statistique des données :

L'analyse statistique des données a donné lieu à une collaboration avec Daniel CHESSEL dans le cadre du programme P.I.R.E. "Méthodes linéaires et graphiques pour l'analyse des données environnementales". Cette rencontre a permis de préciser certaines difficultés théoriques sous forme d'une fiche de documentation du logiciel A.D.E. (Chessel et Dolédec, 1993).
L'interprétation des résultats s'appuie en partie sur ce document qui explicite les calculs et les procédures et qui est annexé à la présente thèse.

CHAPITRE 3
RESULTATS PRELIMINAIRES DES SONDAGES PAR I.P.A. ET DES DENOMBREMENTS PAR CARTOGRAPHIE DES TERRITOIRES

1 - RESULTATS DES SONDAGES PAR I.P.A.

1.1. Composition et richesse du peuplement à l'échelle du secteur :

La région d'El-Kala - Annaba - compte environ 141 espèces d'oiseaux nicheurs selon une enquête réalisée, en 1992, par la station biologique El-Mellah de l'université d'Annaba, dans le cadre d'une expertise pour le compte de la Banque Mondiale (inédit).
Sur 141 espèces, 113 sont des oiseaux forestiers sensu-lato, c'est-à-dire des passereaux, des pics, des Columbidés et des rapaces. Les 28 autres sont des espèces inféodées au milieu aquatique dulçaquicole et marin.
A l'échelle du secteur écologique, (sensu Blondel), que nous avons échantillonné et représenté par les 11 milieux sélectionnés, la richesse totale a été estimée à 96 espèces, y compris les planctonophages aériens du genre Apus et Hirundo, les rapaces diurnes et nocturnes.

Les 220 relevés par I.P.A. réalisés, nous ont permis d'y contacter, toutes fréquences d'occurrence confondues, 86 espèces, soit un rendement de 89 % par rapport à la richesse sectorielle. Tab. 6. Ces chiffres témoignent d'un échantillonnage satisfaisant de la richesse à l'échelle du secteur écologique, confirmé par ailleurs par la valeur de la pente de la courbe de richesse cumulée entre le 219ème et 220ème relevé qui est égale à 0,018. Celle-ci indique qu'en théorie, 55 relevés supplémentaires doivent être consentis pour rajouter une espèce à la richesse mesurée.
A titre comparatif, Blondel (1978) obtient un rendement de 83 % sur le Mont-Ventoux, Blondel et Choisy (1983) 85 % dans le Diois et Rocamora (1987) 84 % dans le Montseny.

Pour les espèces dont les territoires sont très étendus, tels certains rapaces - Percnoptère d'Egypte, Aigle de Bonelli, Aigle botté, Circaète Jean-le-Blanc...- et les espèces inféodées au milieu aérien nichant généralement en colonie dans des milieux particuliers, comme les falaises rocheuses - Martinets, Hirondelles, ou les talus, - Guêpier -, la méthode des I.P.A. est peu apte à fournir des résultats fiables. Pour les besoins de certaines analyses, nous ne retiendrons que 70 espèces échappant à ces critères, parmi les 86 de la liste précédente.

Sur les 70 espèces, 4 d'entre elles n'ont été contactées qu'une fois. Ce sont l'Alouette calandrelle, le Rollier d'Europe, le Hibou petit-duc et la Rubiette de Moussier. Concernant cette dernière, son habitat de prédilection est constitué des pelouses sommitales et des milieux forestiers xérophiles dégradés des

montagnes des Aurès et de Kabylie plutôt que les milieux forestiers du nord-est algérien, généralement plus touffus et humides.

Tableau 6 - Liste des 86 espèces contactées au niveau du secteur (Sensu Blondel). Ordre des espèces selon la classification de Voous (1960)

Dénomination commune	Dénomination scientifique	Abrév.
Percnoptère d'Egypte	Neophron percnopterus (L.)	-
Aigle de Bonelli	Hieraaëtus fasciatus (Vieil.)	-
Aigle botté	Hieraaëtus pennatus (Gm.)	-
Circaète Jean-le-Blanc	Circaëtus gallicus (Gm.)	-
Buse féroce	Buteo rufinus (Cretzsch.)	-
Milan royal	Milvus milvus (L.)	-
Milan noir	Milvus migrans (Bodd.)	-
Elanion blanc	Elanus caeruleus (Desfont.)	-
Busard des roseaux	Circus aeruginosus (L.)	-
* Epervier d'Europe	Accipiter nisus (L.)	ACNI
Faucon d'Eléonore	Falco eleonorae mGene	-
Faucon crécerelle	Falco tinnunculus L.	
* Perdrix gambra	Alectoris barbara (Bonnaterre)	ALBA
**Caille de blés	Coturnix coturnix (L.)	COCO
* Turnix d'Andalousie	Turnix sylvatica (Desf.)	TUSY
**Pigeon ramier	Columba palumbus L.	COPA
**Tourterelle des bois	Streptopelia turtur (L.)	STTU
**Coucou gris	Cuculus canorus (L.)	CUCA
* Coucou geai	Clamator glandarius (L.)	CLGL
* Chouette hulotte	Strix aluco (L.)	STAL
* Hibou petit-duc	Otus scops (L.)	OTSC
Martinet noir	Apus apus (L.)	-
Martinet alpin	Apus melba (L.)	-
Guêpier d'Europe	Merops apiaster (L.)	-
* Rollier d'Europe	Coracias garrulus (L.)	-
* Huppe fasciée	Upupa epops (L.)	-
**Pic de Levaillant	Picus vaillantii (Malh.)	PIVI
**Pic épeiche	Picoides major (L.)	PIMA
**Pic épeichette	Picoides minor	PIMI
**Torcol fourmilier	Jynx torquilla	JYTO
* Alouette calandrelle	Calandrella brachydactyla (L.)	CABR
**Cochevis huppé	Galerida cristata (L.)	GACR
**Cochevis de Theklae	Galerida theklae Brehm	GATH
**Alouette des champs	Alauda arvensis L.	ALAR
**Alouete lulu	Lullula arborea (L.)	LUAR
Hirondelle de cheminée	Hirundo rustica L.	-

.../...

Dénomination commune	Dénomination scientifique	Abrév .
Hirondelle de fenêtre	Delichon urbica (L.)	-
**Pipit rousseline	Anthus campestris (L.)	ANCA
**Bergeronnette printanière	Motacilla flava (L.)	MOFL
**Bulbul gris	Pycnonotus barbatus (Desf.)	PYBA
**Téléphone tchagra	Tchagra senegala (L.)	TCSE
**Pie-grièche à têtre rousse	Lanius senator L.	LASE
**Troglodyte mignon	Troglodytes troglodytes (L.)	TRTR
**Grive draine	Turdus viscivorus (L.)	TUVI
**Merle noir	Turdus merula (L.)	TUME
**Traquet oreillard	Oenanthe hispanica (L.)	OEHI
**Traquet pâtre	Saxicola torquata (L.)	SATO
* Rubiette de Moussier	Diplootocus moussierii(Olphe-Gaillard)	DIMO
**Rossignol philomèle	Luscinia megarhynchos Brehm	LUME
**Rouge-gorge familier	Erithacus rubecula (L.)	ERRU
* Agrobate roux	Cercotrichas galactotes (Temm.)	CEGA
**Cisticole des joncs	Cisticola juncidis (Temm.)	CIJU
* Hypolaïs polyglotte	Hippolais polyglotta (V.)	HIPO
* Hypolaïs Pâle	Hippolais pallida (H. et Ehr.)	HIPA
**Fauvette à tête noire	Sylvia atricapilla (L.)	SYAT
**Fauvette orphée	Sylvia hortensis (Gm.)	SYHO
**Fauvette grisette	Sylvia communis Lath.	SYCO
* Fauvette à lunette	Sylvia conspicillata Temm.	SYCN
* Fauvette mélanocéphale	Sylvia melanocephala (Gm.)	SYME
* Fauvette passerinette	Sylvia cantillans (Pallas)	SYCA
**Fauvette pitchou	Sylvia undata (Bodd.)	SYUN
**Pouillot véloce	Phylloscopus collybita (V.)	PHCO
**Pouillot de Bonelli	Phylloscopus bonelli (V.)	PHBO
**Roitelet triple-bandeau	Regulus ingnicapillus (Temm.)	REIG
**Gobe-mouches gris	Muscicapa striata (Pallas)	MUST
**Gobe-mouches noir	Ficedula hypoleuca (Pallas)	FIHI
**Mésange charbonière	Parus major (L.)	PAMA
**Mésange bleue	Parus caeruleus (L.)	PACA
**Mésange noire	Parus ater (L.)	PAAT
**Grimpereau brachydactyle	Certhia brachydactyla C.L.Brehm	CEBR
* Bruant proyer	Miliaria calandra (L.)	MICA
* Bruant fou	Emberiza cia L.	EMCI
* Bruant zizi	Emberiza cirlus (L.)	EMCR
**Gros-bec	Coccothraustes coccothraustes (L.)	COCR
**Verdier	Carduelis chloris (L.)	CACH
**Chardonneret	Carduelis carduelis (L.)	CACR
**Linotte mélodieuse	Carduelis cannabina (L.)	CACN
**Serin cini	Serinus serinus (L.)	SESE
* Bec-croisé des sapins	Loxia curvirostra (L.)	LOCU
**Pinson des arbres	Fringilla coelebs (L.)	FRCO
* Moineau soulcie	Petronia petronia (L.)	PEPE
* Moineau domestique	Passer domesticus (L.)	PADO
**Etourneau unicolore	Sturnus unicolor Temm.	STUN
**Loriot d'Europe	Oriolus oriolus (L.)	OROR
* Grand corbeau	Corvus corax (L.)	COCX
**Geai des chênes	Garrulus glandarius (L.)	GAGL

* Espèces à indice ponctuel d'abondance connu. (n = 70)

** Espèces à indice ponctuel d'abondance et densité connus. (n = 48)

1.2. Effets du temps d'écoute sur l'échantillonnage :

Nous avons mesuré l'évolution du nombre de contacts et du nombre d'espèces contactées au cours du temps, lors de la réalisation d'un relevé.
Il peut être, intéressant dans le cadre d'une démarche comparative, de tester, à travers un critère particulier (évolution du gain en contacts et espèces), l'utilisation d'une méthode d'échantillonnage sous des latitudes différentes.
Les mesures effectuées ont eu pour base les 165 I.P.A. réalisés au printemps 1989, durant lesquels les contacts avec l'avifaune ont été répartis par période de 5 mn pendant les 20 mn du relevé. Les résultats sont issus du dépouillement des 330 I.P.A. partiels au lieu des I.P.A. unité. Cette manière de faire vise à éviter le biais introduit par le double comptage, qui a pour effet d'augmenter la richesse stationnelle.
Chaque biotope est ainsi caractérisé par une moyenne du nombre de contacts et d'espèces contactées par période de 5 mn. (Tableau 7).

L'examen du tableau 7 révèle d'emblée que la différence relative à l'évolution du nombre de contacts et d'espèces en fonction du temps, entre les milieux ouverts d'une part, et les milieux semi-ouverts et fermés d'autre part, est faible voire négligeable. Elle ne justifie pas en tous cas, une réduction du temps d'échantillonnage pour les seuls milieux à faible densité de peuplement. On remarque, toutes proportions gardées par rapport à la richesse stationnelle moyenne, que le "gain" en espèces et en contacts, exprimé en pourcentages cumulés, reste, à peu de choses près, relativement constant d'une période de 5 mn à l'autre, et ce, pour les 11 milieux.
En d'autres termes, un milieu pauvre en espèces semble nécessiter le même investissement en temps qu'un milieu riche.
De plus, comme le souligne Muller (1985), il n'est pas certain que l'augmentation du nombre de relevés dans les milieux pauvres, accompagnant une réduction de leur durée, puisse être une opération "rentable", dans la mesure où le morcellement de ces milieux et les éventuelles difficultés d'accès, peuvent sévèrement grever le bénéfice escompté.
Nous remarquons, en revanche, que pour l'ensemble des biotopes, les 5 dernières minutes du relevé ne permettent d'obtenir que 0,95 contacts (1,77 pour le biotope le plus densément peuplé) et 0,59 espèces (0,97 pour le biotope le plus riche).

Tableau 7 - Répartition par milieu, proportions relatives et pourcentages cumulés du nombre moyen de contacts et d'espèces contactées par période de 5 mn au cours d'un relevé.

Pelouses :

	1	2	3	4	TOTAL
C_m	6,86	1,06	1,00	0,63	9,55
%	72	11	10	7	
%c	72	83	93	100	
E_m	4,47	0,73	0,57	0,47	6,24
%	72	12	9	7	
%c	72	84	93	100	

Maquis bas :

	1	2	3	4	TOTAL
C_m	5,84	1,33	0,48	0,13	7,78
%	75	17	6	2	
%c	75	92	98	100	
E_m	3,00	0,75	0,32	0,11	4,18
%	72	18	7	3	
%c	72	90	97	100	

Maquis moyen :

	1	2	3	4	TOTAL
C_m	7,22	3,68	1,24	0,92	13,06
%	55	28	9	7	
%c	55	83	92	99	
E_m	3,53	1,67	0,87	0,57	6,64
%	53	25	13	9	
%c	53	78	91	100	

Maquis haut :

	1	2	3	4	TOTAL
C_m	11,40	3,17	1,70	0,57	16,84
%	68	19	10	3	
%c	68	87	97	100	
E_m	7,20	1,87	0,93	0,40	10,40
%	69	18	9	4	
%c	69	87	96	100	

Subéraie avec sous-bois :

	1	2	3	4	TOTAL
C_m	11,73	3,63	1,63	1,20	11,19
%	64	20	9	7	
%c	64	84	93	100	
E_m	8,23	1,84	1,00	0,63	11,70
%	70	16	9	5	
%c	70	86	95	100	

Subéraie sans sous-bois :

	1	2	3	4	TOTAL
C_m	11,03	3,30	1,87	0,97	17,17
%	64	19	11	6	
%c	64	83	94	100	
E_m	7,13	1,40	0,87	0,60	10,00
%	71	14	9	6	
%c	71	85	94	100	

Zeenaie :

	1	2	3	4	TOTAL
C_m	12,27	4,07	2,34	1,77	20,45
%	60	20	11	9	
%c	60	80	91	100	
E_m	7,87	2,02	1,34	0,97	12,20
%	64	17	11	8	
%c	64	81	92	100	

Pineraie à Pin maritime :

	1	2	3	4	TOTAL
C_m	12,03	4,50	2,60	1,20	20,33
%	59	22	13	6	
%c	59	81	91	100	
E_m	7,53	2,06	1,33	0,73	11,65
%	65	18	11	6	
%c	65	83	94	100	

Maquis à strate arborée claire :

	1	2	3	4	TOTAL
C_m	10,20	3,10	1,70	0,80	15,80
%	64	20	11	5	
%c	64	84	95	100	
E_m	6,60	1,87	0,90	0,60	9,97
%	66	19	9	6	
%c	66	85	94	100	

Eucalyptaie :

	1	2	3	4	TOTAL
C_m	5,77	3,17	1,20	1,10	11,24
%	51	28	11	10	
%c	51	79	90	100	
E_m	4,50	1,63	1,13	0,70	7,96
%	57	20	14	9	
%c	57	77	91	100	

Maquis à strate arborée dense :

	1	2	3	4	TOTAL
C_m	11,47	3,27	2,20	1,20	18,14
%	63	18	12	7	
%c	63	81	93	100	
E_m	6,80	2,00	1,33	0,70	10,83
%	63	19	12	6	
%c	63	82	94	100	

MOYENNE GENERALE POUR LES 11 MILIEUX

	1	2	3	4	TOTAL
C_m	9,62	3,12	1,63	0,95	15,32
%	63	20	11	6	
%c	63	83	94	100	
E_m	6,08	1,62	0,96	0,59	9,25
%	66	18	10	6	
%c	66	84	94	100	

C_m = Nombre moyen de contacts
E_m = Nombre moyen d'espèces contactées
%c = Pourcentage cumulé

Périodes : 1 = de 0 à 5 mn
2 = de 5 à 10 mn
3 = de 10 à 15 mn
4 = de 15 à 20 mn

Ce résultat justifierait une réduction du temps d'échantillonnage par relevé, à 15 mn, pour l'ensemble des biotopes ; période durant laquelle, 94 % des espèces normalement contactées en 20 mn, sont déjà recensées.

Le nombre moyen d'espèces contactées au bout de 20 mn est égal à 9,25 espèces. Ce chiffre qui n'est autre que la richesse stationnelle moyenne à l'échelle du secteur échantillonné, est remarquablement proche de celui que Blondel (1986) trouve pour les milieux forestiers (sensu lato) européen et qui est égal à 9,60.

Tableau 8 - Evolution du pourcentage moyen de contacts et d'espèces contactées par période de 5 mn ; comparaison de 3 séries de données.

		1	2	3	4
Blondel, Ferry et Frochot	C_m %	58	21	13	8
	%c	58	79	92	100
Muller (1985)	C_m %	56	20	14	10
	%c	56	76	90	100
Présente étude	C_m %	63	20	11	6
	%c	63	83	94	100
Blonder, Ferry et Frochot	E_m %	67	17	11	6
	%c	67	84	95	101
Muller	E_m %	63	17	12	8
	%c	63	80	92	100
Présente étude.	E_m %	66	18	10	6
	%c	66	84	94	100

Le tableau 8 permet une comparaison plus détaillée de nos résultats à ceux d'auteurs européens. On constate que les proportions de contacts restent relativement plus élevées, pour notre région, durant les premières 5 mn. Par contre, le schéma d'évolution des espèces contactées est remarquablement équivalent à celui des auteurs cités.

En conséquence, l'ensemble des résultats montre la similitude des canevas généraux de distribution des espèces entre notre région et l'Europe, au sein de la chronologie d'un I.P.A., et donc que la méthode utilisée habituellement en Europe est applicable à la présente étude.

2 - RESULTATS DES DENOMBREMENTS PAR CARTOGRAPHIE DES TERRITOIRES :

Les dénombrements réalisés par la méthode de cartographie des territoires ont permis d'accéder aux densités de 48 espèces sur les 70 recensées par la méthode des I.P.A., soit 69 % des espèces. Les 22 espèces manquantes, en dépit des 3 quadrats réalisés dans les 3 grands types de milieux - ouvert, semi-ouvert et fermé - sont :

- Soit des espèces à fréquence d'occurrence faible, contactées moins de 5 fois sur les 440 relevés partiels, rendant, de ce fait, peu probable un contact en quadrat ; les espèces faisant partie de ce groupe sont le Turnix d'Andalousie, le Coucou geai, la Chouette hulotte, le Hibou petit-duc, le Rollier d'Europe, l'Alouette calandrelle, la Rubiette de Moussier, l'Agrobate roux, la Fauvette à lunette, le Bruant zizi, le Bruant fou, le Bec-croisé des sapins, l'Hypolais pâle.

- Soit des espèces à grand territoire dont une fraction n'était pas incluse dans le quadrat - Grand corbeau, Epervier d'Europe.

- Soit des espèces dont les modalités de répartition spatiale n'ont tout simplement pas incluse dans l'échantillon dénombré au lieu et à la période choisi - Moineau domestique, Moineau soulcie, Hypolais polyglotte, Fauvette passerinette, Huppe fasciée, Perdrix gambra, Traquet oreillard.

2.1. Résultats du dénombrement dans le quadrat du Ghorra :

Le recensement par cartographie des territoires dans la parcelle de 12 ha de Chêne zéen du djebel Ghorra, a permis de mesurer la densité de 23 espèces d'oiseaux (Tableau 9). Pour 5 d'entre elles, le Coucou gris, le Pic épeichette, le Pic de Levaillant, la Grive draine et le Pigeon ramier, la densité n'a pu être mesurée directement.
Elle a fait l'objet d'une estimation à partir de la portion de territoire des espèces concernées, incluse dans le quadrat. Par conséquent, sans être tout à fait fausses, ces densités ne doivent être considérées que comme un ordre de grandeur.

Tableau 9 : Densités spécifiques des oiseaux dans le quadrat du Ghorra. Dénombrement de 1990 sur une parcelle de 12 ha.

ESPECES	Densités mesurées sur 12 ha. en couple	Densités c/10ha
Mésange bleue	14	11,67
Rouge-gorge	13	10,80
Mésange noire	12	10,00
Troglodyte	9	7,50
Grimpereau brachydactyle	6	5,00
Fauvette à tête noire	5,5	4,60
Gobe-mouches noir	5	4,17
Mésange charbonnière	4,5	3,75
Roitelet triple-bandeau	4,5	3,75
Merle noir	3,5	2,90
Pinson des arbres	3	2,50
Pic épeiche	2,5	2,10
Pouillot véloce	2	1,67
Gros-bec	2	1,67
Geai des Chênes	1,5	1,25
Pouillot de Bonelli	1	0,83
Etourneau unicolor	1	0,83
Loriot d'Europe	1	0,83
Grive draine	0,5	0,42
Pic épeichette	0,5	0,42
Coucou gris	0,4	0,33
Pic de Levaillant	0,33	0,28
Pigeon ramier	0,33	0,28
TOTAL	93,06	77,55

2.2. Résultats du dénombrement dans le quadrat de Brabtia :

Le règlement de l'I.B.C.C. prévoit de comptabiliser à hauteur de 1c/10ha les espèces dont plus de la moitié des contacts se font à l'intérieur du quadrat, lorsque leur territoire est à cheval sur sa limite.
Devant la difficulté d'apprécier la distribution des contacts avec ces espèces, de part et d'autre des limites du quadrat, nous avons accepté une légère entorse à ce règlement.
Les espèces dont le territoire était à cheval, Fauvette orphée, Torcol, Tourterelle des bois... ont été comptabilisées à hauteur de 0,5c/20ha. Le dénombrement réalisé dans la parcelle de 20 ha de maquis à strate arborée dense, infiltré de pin maritime, a permis de mesurer la densité de 19 espèces d'oiseaux (Tableau 10).

Tableau 10 - Densités spécifiques des oiseaux dans le quadrat de Braptia. Dénombrement de 1990 sur une parcelle de 20 ha

ESPECES	Densités mesurées sur 20 ha. en couple	Densités c/10ha
Fauvette mélanocéphale	39	19,50
Fauvette pitchou	13,5	6,75
Pouillot de Bonelli	5	2,50
Mésange charbonnière	4	2,00
Chardonneret	3,5	1,75
Mésange bleue	3,5	1,75
Serin cini	3	1,50
Pinson des arbres	2,5	1,25
Fauvette grisette	1	0,50
Téléphone tchagra	1	0,50
Verdier	1	0,50
Linotte Mélodieuse	1	0,50
Rossignol philomèle	1	0,50
Gobe-mouches gris	1	0,50
Bulbul gris	0,66	0,33
Rouge-gorge	0,5	0,25
Torcol fourmilier	0,5	0,25
Tourterelle des bois	0,5	0,25
Fauvette orphée	0,5	0,25
TOTAL	82,66	41,33

2.3. Résultats du dénombrement dans le quadrat d'El-Frin :

Sur les 19 espèces observées dans les 50 ha du quadrat d'El-Frin, 10 on fait l'objet d'un dénombrement. Les 9 autres sont soit des espèces dont le caractère nicheur n'était pas avéré, dans le

végétation aquatique - Rousserolle effarvate, Bouscarle de Cetti - non "partie prenante" des milieux que nous nous sommes proposés de caractériser. (Tableau 11).

Tableau 11 - Densités spécifiques des oiseaux dans le quadrat d'El-Frin Dénombrement de 1991 sur une parcelle de 50 ha.

ESPECES	Densités mesurées sur 20 ha. en couple	Densités c/10ha
Bruant proyer	12,5	2,50
Cochevis huppé	10	2,00
Bergeronnette printanière	9	1,80
Traquet pâtre	6,5	1,30
Cisticole des joncs	6	1,20
Pipit rousseline	4	0,80
Caille des blés	2	0,40
Alouette des champs	2	0,40
Pie-grièche à tête rousse	2	0,40
Alouette lulu	1	0,20
TOTAL	55	11,00

3 - CONVERSION DES ABONDANCES RELATIVES EN ABONDANCES ABSOLUES : COEFFICIENTS DE CONVERSION :

Les méthodes d'échantillonnage par sondage, telle que celle des I.P.A. permettent, par rapport à la méthode de cartographie des territoires, l'accès à une grande fraction d'un peuplement avien à l'échelle d'un secteur écologique ou d'une région. Les résultats qu'elles fournissent, en revanche, exprimés en indices d'abondance, ne reflètent qu'une image de l'abondance absolue des espèces contactées, à laquelle chaque espèce est liée par un coefficient de proportionnalité qui lui est propre ; et cela, jusqu'à un certain seuil de densité, à partir duquel ces méthodes "saturent" (Blondel et al. 1970, Muller 1985).

Ce coefficient est spécifique : Ainsi 2 espèces ayant la même densité, peuvent ne pas avoir le même indice d'abondance, et inversement, du fait de leur différence de détectabilité.

Hormis les méthodes de sondage faisant intervenir les fréquences des espèces, comme la méthode des E.F.P. (Blondel 1975), les méthodes d'échantillonnage par indices d'abondance interdisent donc la comparaison directe des abondances entre espèces. Ceci a pour conséquence de ne pas pouvoir procéder, en toute rigueur, aux analyses faisant intervenir la densité d'espèces différentes telles que les paramètres de structure des peuplements - diversité équitabilité, biomasses brutes et consommantes...

Cet inconvénient a été traité par Blondel et al. (loc.cit.) qui proposent d'accéder aux densités en convertissant les indices ponctuels d'abondance en les multipliant par leur coefficient respectif de proportionnalité, dit, "coefficient de conversion".

Celui-ci est mesuré en procédant simultanément à un échantillonnage de l'avifaune par I.P.A. et par cartographie des territoires. Cette manière de procéder permet, aux incertitudes près de rendement (Blondel 1969, Affre 1976), de connaître, pour chaque espèce, sa densité et l'indice d'abondance qui lui correspond.

Le coefficient de conversion pour chaque espèce, étant le rapport de sa densité à son indice d'abondance, soit : $C = \frac{di}{I.P.A.i}$

Compte-tenu du caractère personnel que peuvent revêtir les résultats de dénombrements, souligné par les auteurs de la méthode, l'utilisation de coefficients de conversion déterminés par d'autres auteurs, peut constituer un risque d'erreur relativement important, et ce, en dépit d'efforts de standardisation des procédures d'échantillonnage. Du reste, en dehors de toute analyse ou étude expérimentale de ce phénomène, nous avons donc pris le parti de n'utiliser que les coefficients de conversion déterminés par nos soins, quitte à "perdre" quelques espèces dont les coefficients de conversion n'ont pu être déterminé lors de la présente étude mais qui sont disponibles par ailleurs. (Tableau 12).

Tableau 12 : Coefficients de conversion déterminés à partir des données des quadrats du Ghorra, Brabtia et El-Frin. ANNEES 1990 et 1991. En regard, données de Blondel et Frochot (1973), quadrat ripisylve de Camargue et Santa-fé. (Frochot com. pers.).

ESPECES	Coefficients de conversion Présente étude	Coefficients de conversion Blondel et Frochot
Caille des blés	0,50	-
Pigeon ramier	0,70	0,41
Tourterelle des bois	0,83	1,00*
Coucou gris	0,83	0,30
Pic de Levaillant	0,56	(viridis) 0,54
Pic épeiche	2,63	1,04
Pic épeichette	2,10	1,95
Torcol fourmilier	1,25	-
Cochevis huppé	0,87	-
Cochevis de Thekla	0,87*	-
Alouette des champs	0,80	-
Alouette lulu	0,67	-
Pipit rousseline	1,14	-
Bergeronnette printanière	1,80	-
Bulbul gris	1,65	-
Téléphone tchagra	1,00	-
Pie-grièche à tête rousse	1,00	-
Troglodyte mignon	3,95	2,35

Grive draine	1,05	0,80
Merle noir	1,61	1,58
Traquet pâtre	3,25	-
Rossignol philomèle	1,00	1,15
Rouge-gorge	4,00	2,26
Cisticole des joncs	1,00	-
Fauvette à tête noir	2,89	2,22
Fauvette orphée	1,25	-
Fauvette grisette	2,50	4,25
Fauvette mélanocéphale	5,57	1,51
Fauvette pitchou	6,75	1,24
Pouillot véloce	4,25	2,35
Pouillot de Bonelli	2,50	1,66
Roitelet triple-bandeau	5,43	6,00
Gobe-mouches gris	5,00	-
Gobe-mouches noir	2,98	-
Mésange charbonnière	2,57	1,70
Mésange bleue	3,91	4,01
Mésange noire	4,76	1,40
Grimpereau brachydactyle	2,50	3,64
Bruant proyer	1,14	-
Gros-bec	4,00	2,33
Verdier	2,50	1,00*
Chardonneret	1,75	2,00*
Linotte mélodieuse	2,50	2,00*
Serin cini	3,75	3,00*
Pinson des arbres	1,58	2,25
Etourneau unicolore	4,15	(vulgaris) 3,09
Loriot d'Europe	1,33	0,86
Geai des Chênes	0,96	1,40

* valeurs estimées

Les valeurs du tableau 12 révèlent une certaine hétérogénéité entre les coefficients de conversion déterminés par nous-même et ceux de Blondel et Frochot.

Si certains d'entre eux sont remarquablement proches, la plupart sont, en revanche, nettement différents. On remarque que, d'une manière générale et dans des proportions variables, les coefficients d'El-Kala - Annaba sont plus élevés que ceux de Camargue -Santa-fé.

Sans chercher à engager une discussion à propos de ce phénomène, il nous semble cependant, que 2 raisons peuvent en être proposées.

Supposons qu'aucune différence ne caractérise les modalités d'application des méthodes d'échantillonnage par I.P.A. et cartographie des territoires, entre différents observateurs ; qui plus est, perçoivent les oiseaux de la même manière.

La détermination d'un indice d'abondance pour une même espèce, peut néanmoins conduire à des valeurs différentes, par une modification de la détectabilité de cette espèce due aux conditions acoustiques qui règnent dans le milieu d'étude.

Si l'on se base uniquement sur la structure de la végétation, théoriquement plus un milieu est touffu et plus la détectabilité de l'espèce est réduite.

Si la détermination de sa densité ne pose pas de problème de précision, dans la mesure où l'observateur "cherche" le contact sûr avec l'individu, son indice d'abondance sera en revanche sous estimé ; d'où une surévaluation du coefficient de conversion. Ainsi, la comparaison d'I.P.A. ou de coefficient de conversion devrait être assujettie à l'homologie des biotopes.

La seconde raison est relative à la densité des espèces. Par l'effet de saturation qu'elle entraîne, la méthode des I.P.A. est peu apte à fournir des indices d'abondance fiables pour les espèces à forte densité de population. Ce phénomène de saturation se traduit par une sous évaluation de l'indice d'abondance et par suite d'une surévaluation du coefficient de conversion.
On remarque d'ailleurs, au tableau 12, que ce sont surtout les espèces à forte densité - Rouge-gorge, Fauvette mélanocéphale, Mésange noire - Mésange bleue - qui se caractérisent par un coefficient de conversion élevé dans la présente étude.
Par ailleurs, les espèces à faible détectabilité, dont l'I.P.A. est faible mais la densité relativement élevée, sont également caractérisées par un coefficient de conversion élevé - Gobe-mouches gris, Fauvette pitchou, Roitelet triple-bandeau.

CHAPITRE 4

STRUCTURE DES PEUPLEMENTS

1 - CARACTERISATION DES PEUPLEMENTS A L'ECHELLE DU BIOTOPE :

La stratification des milieux, réalisée dans l'univers écologique de la région d'étude, a conduit à la sélection de 11 biotopes. Ceux-ci sont caractérisés par une certaine structure de la végétation, réputée homogène et exprimée à travers l'E.V.V. Cette végétation va conditionner, selon ses caractéristiques, la présence d'un peuplement d'oiseaux dont les espèces seront à des degrés divers, "partie prenante" des ressources qui y sont disponibles et ce, en fonction des performances que leur confère leur éthologie, leur physiologie... leur écologie.
Caractériser un peuplement d'oiseaux à l'échelle d'un biotope, revient à décrire l'image instantanée d'un assemblage d'espèces dont l'existence et conditionnée par une grande série de facteurs. Ceux-ci sont en rapport avec l'exploitation du milieu par les organismes à travers le prélèvement de la nourriture et l'utilisation de l'espace, en un mot, les ressources, et avec les diverses interactions qui existent entre ces organismes - compétition, prédation...

La description de ce peuplement peut revêtir un caractère arbitraire dans la mesure où elle opère, par le biais de "l'emporte pièce" de la stratification, une cassure dans le continuum d'organismes que forme le peuplement régional.
Cependant, si l'on se place d'un point de vue systémiste, un biotope peut être considéré comme faisant partie du système hiérarchisé que constitue une succession végétale, un secteur écologique ou la structure en mosaïque des biotopes de la région. Ainsi défini, il serait à même de faire l'objet d'une caractérisation à l'échelle du sous-système qu'il constitue, avec ses caractéristiques structurelles et fonctionnelles propres (Blondel, 1986 ; Frontier, 1991).

Nous proposons, dans ce chapitre, de brosser les traits généraux des peuplements aviens des 11 Biotopes échantillonnés à travers leur caractérisation par les paramètres mentionnés précédemment (cf. chap. 2) et de dégager les éléments particuliers par lesquels ils se distinguent.

1.1. Le peuplement des pelouses à Asphodelus microcarpus et Urginea maritima :

Les pelouses échantillonnées sont caractérisées par leur aspect quasiment pur ; c'est-à-dire où la strate buissonnante et arborée sont presque inexistantes.

Tableau 13.1 - Espèces, fréquence d'occurences F %, densités spécifiques di, biomasses brutes BBI et consommantes BCI, catégories trophiques du peuplement des pelouses.

ESPECES	F%	di c/10 ha	BBi g/10 ha	BCi g0,7/10 ha	Catég. troph.
Bruant proyer	100	3,25	306	96	C
Cochevis huppé	85	1,50	120	40	G
Bergeronnette print.	55	1,44	55	23	I
Chardonneret	50	1,36	44	19	G
Traquet pâtre	30	1,06	34	15	I
Alouette des champs	65	0,86	67	22	G
Linotte mélodieuse	30	0,75	27	11	G
Cochevis de Theklae	25	0,57	43	15	G
Cisticole des joncs	35	0,50	9	5	I
Pipit rousseline	30	0,40	19	7	I
Caille des blés	40	0,28	56	14	G
Pie-grièche à tête rousse	25	0,18	14	5	I
Alouette lulu	20	0,15	9	3	G
Alouette calandrelle	5	-	-	-	G
Traquet oreillard	15	-	-	-	I
Moineau domestique	5	-	-	-	G

G = Granivore, I = insectivore

Tableau 13.2 - Structure du peuplement en familles, exprimées en richesse (Sf), en densité (Df) et en biomasse consommante (BCf).

Familles	Sf	Df	BC f
Emberizidae	1	3,25	96
Alaudidae	5	3,08	80
Fringillidae	2	2,11	30
Motacillidae	2	1,84	30
Turdidae	2	1,06	15
Sylviidae	1	0,50	5
Phasianidae	1	0,28	14
Laniidae	1	0,18	5
Ploceidae	1	-	-

Tableau 13.3 - Paramètres de structure du peuplement :

N	S	a/N	s	T	V	D	H'	H'max	E	BBp	BCp	BB/sp
20	16	0,05	6,15 ± 0,58 α=0,05	38,40	21,50	12,30	3,254	4,000	0,813	803	275	31

Pour la signification des symboles cf. chapitre 2.

Ces milieux sont fréquentés à des degrés divers par un grand nombre d'oiseaux du fait de leur localisation par taches au sein de la mosaïque de milieux.
Un certain tri est donc nécessaire pour séparer les espèces dont nous avons jugé la présence accidentelle (Vautour fauve et Percnoptère en train de dépecer un cadavre de bovin, verdier et pinson qui prélèvent occasionnellement quelques graines...), de celles qui exploitent le milieu de manière quasi-permanente.

Les valeurs présentées aux tableaux 13, sont tirées des données issues des sondages par I.P.A. (composition, fréquences d'occurrences, richesse totale et richesse stationnelle moyenne) et des dénombrements par quadrat (densités spécifiques et totales, biomasses brutes et consommantes, indice de diversité et équitabilité).
La complémentarité des deux méthodes permet en effet un enrichissement de l'information sans y introduire de biais significatif (cf. Chap. 2).

16 espèces constituent la richesse des milieux herbacés. La pente de la courbe de richesse cumulée entre le 19ème et le 20ème relevé, exprimée par le rapport a/N, indique, avec une valeur de 0,05, que l'échantillonnage de ce biotope, sans avoir été exhaustif, est néanmoins satisfaisant.

L'examen de la figure 7 révèle une distribution d'abondance relativement équilibrée en dépit de la dominance du Bruant proyer tant en densité qu'en biomasses (tab. 13.1). C'est, du reste, la seule espèce dont la fréquence et égale à 100 %.

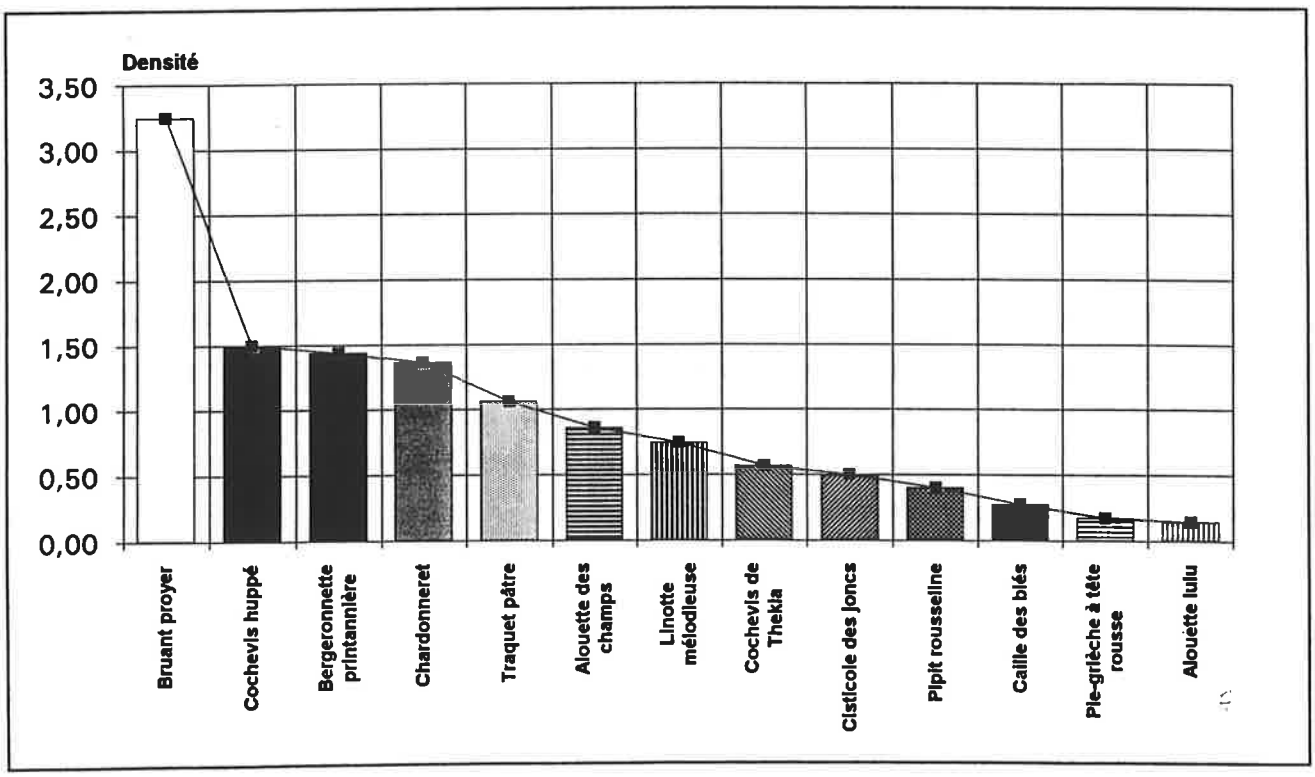


Figure 7 : Distribution d'abondance du peuplement des pelouses

3 espèces, le Bruant proyer, le Cochevis huppé et la Bergeronnette printanière représentent plus de 50 % des densités et près de 60 % de la biomasse brute. Ce sont les espèces que l'on a tendance à observer partout où les milieux herbacés sont présents et que ces espèces caractérisent en quelque sorte.

Lorsque ceux-ci sont infiltrés de quelques buissons, on voit systématiquement apparaître le Traquet pâtre et la Pie-grièche à tête rousse qui trouvent dans leur présence, des affûts pour chasser les insectes dont ils se nourrissent.
La grande productivité en graines de ces milieux, attire les Fringillidés, dont 2 espèces, le Chardonneret et la Linotte, constituent les consommateurs les plus fréquents et les plus réguliers.

La présence de l'Alouette lulu dans ce type de milieu, sans être tout à fait étonnante, dans la mesure où elle est surtout connue pour exploiter les lisières forestières, semble liée à la présence de lignes électriques dont elle se sert comme perchoir et à partir desquelles elle se lance dans ses évolutions aériennes.

La répartition des espèces en catégories trophiques (Tab. 13-1), montre que 63 % d'entre elles sont granivores. Ce chiffre passe à 70 % lorsque cette répartition est exprimée en densité et 84 % lorsqu'elle est en biomasse.
Sans être absolument précise, la définition des catégories trophiques est basée sur un régime alimentaire moyen durant la saison considérée. En fait de granivores, il s'agirait surtout d'espèces à dominance phytophages. Ce résultat est conforme à ce que l'on est censé attendre du type de production des milieux herbacés, c'est-à-dire des milieux à plantes annuelles, à forte productivité, au turn-over rapide et grands producteurs de graines.

Une des principales caractéristiques de ce type de milieu, réside dans son caractère temporaire. En effet, sous nos latitudes, compte-tenu des caractéristiques climatiques de la région, les milieux herbacés sont soumis à 2 périodes, nettement distinctes de quiescence. Une période hivernale suffisamment fraîche pour provoquer une dormance de la plupart des propagules, durant laquelle la productivité est très faible et une période estivale où le déficit hydrique provoque le dessèchement de la végétation. Ce type de milieu ne fonctionne ainsi "à plein rendement" que durant la période de reprise de la végétation, c'est-à-dire au printemps, soit, pendant 3 ou 4 mois où il fait l'objet d'un maximum d'exploitation par l'avifaune.

Le regroupement des espèces par familles révèle que les Alaudidés, bien que représentés par 5 espèces, n'en constituent pas pour autant le groupe le plus abondant. Le premier rang est toujours occupé par l'unique espèce d'Emberizidés, c'est-à-dire le Bruant proyer. Ceci est dû en fait, aux faibles densités des Alaudidés autre que le Cochevis huppé, c'est-à-dire l'Alouette calandrelle, l'Alouette lulu et le cochevis de Thekla.

Les 20 relevés d'avifaune ont révélé une richesse moyenne "s" relativement faible (Tab. 13-3) cependant celle-ci se caractérise par une homogénéité relativement élevée comme en témoigne la valeur de V qui mesure l'amplitude de l'oscillation des valeurs qu'elle prend au cours de l'échantillonnage.
Si l'on se réfère à la valeur de T, on constate que celle-ci témoigne d'une relative homogénéité du peuplement, corroborant ainsi l'observation précédente.

D'un point de vue structurel, l'indice de diversité H', par la valeur qu'il affiche, traduit un degré de complexité d'organisation du peuplement, relativement élevé en dépit de la richesse la plus faible. Ce phénomène est surtout lié à une distribution d'abondance équilibrée, qu'exprime par ailleurs, la valeur de l'équitabilité E parmi les plus élevées de la succession.

1.2. Le peuplement du maquis bas à Cistus sp. et Chamaerops Humilis :

Le maquis bas échantillonné constitue la forme ligneuse la plus dégradée de la forêt originelle de Chêne-Liège. 19 espèces y ont été contactées à l'issue des 20 relevés. La lecture du tableau 14-1, nous révèle que près de 80 % des espèces contactées ont une fréquence d'occurrence inférieure ou égale à 20 %.
Ce nombre important d'espèces rares est à l'origine de la valeur du rapport a/N (Tab. 14.3) qui indique un degré d'échantillonnage de la richesse totale peu satisfaisant.

L'examen de la figure 8 révèle un peuplement fortement hiérarchisé à structure très déséquilibrée.

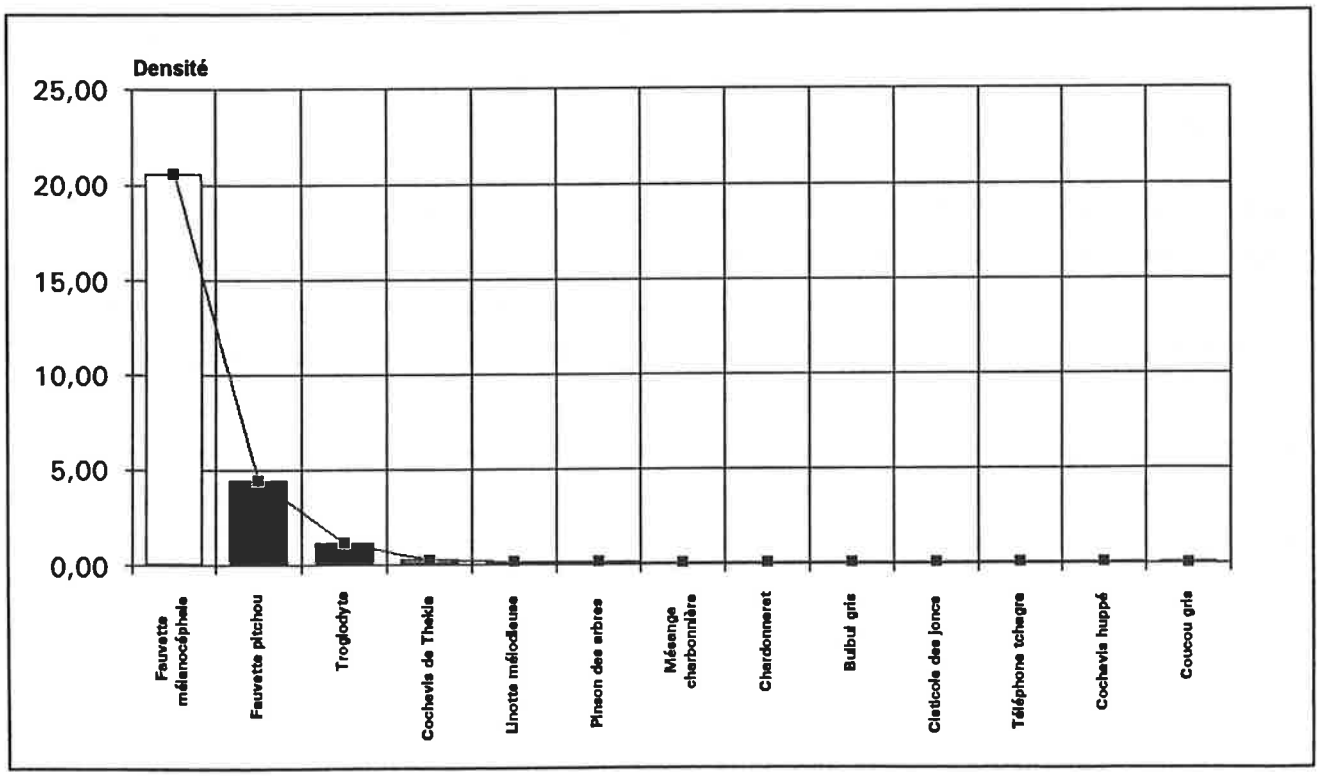


Figure 8 : Distribution d'abondance du peuplement du maquis bas

Quasiment monospécifique, il est largement dominé par la Fauvette mélanocéphale qui représente 75 % des effectifs et près de 80 % de la biomasse brute et consommante. En incluant la Fauvette pitchou, qui occupe le 2ème rang des abondances, on constate que ces espèces représentent 90 % des effectifs, des biomasses brutes et consommantes.

Eminemment contraignant, le maquis bas se révèle simplifié à l'extrême. Stade pionnier parmi les ligneux, il est colonisé par la plus ubiquiste des fauvettes, la mélanocéphale, qui semble littéralement saturer le milieu à raison de plus de 2 couples par hectare, avec, dans une moindre mesure, la Fauvette pitchou. La densité de ces 2 espèces, combinée à la simplicité du biotope, est donc vraisemblablement à l'origine de la faiblesse des abondances des autres espèces.

Notons, par ailleurs, la présence d'Alaudidés qui trouvent encore dans ce type de biotope, un milieu exploitable et du Turnix d'Andalousie, dont la dernière mention en Algérie remonte au 27 juin 1976 (Ledant et al., 1981).
La présence de l'Agrobate roux et du traquet oreillard indique, s'il en fut, le caractère dégradé de ce milieu, dans lequel on commence (déjà) à observer la Mésange charbonnière. Le reste des espèces est constitué des ubiquistes des milieux ligneux en général (Linotte, Pinson, Chardonneret) et des ubiquistes des maquis (Bulbul, Tchagra). Celles-ci exploitent régulièrement ce biotope, surtout pour y prélever un complément de nourriture plutôt que pour y nicher.
Nous y avons cependant, trouvé, des nids de Fringillidés, qui témoignent de cantonnement (réussis ?) d'espèces autres que des Fauvettes.

Nous assistons, avec le passage au maquis bas, à une rupture nette avec les pelouses, marqué par un remplacement important des espèces d'oiseaux. Du reste, d'un point de vue trophique, nous assistons à l'arrivée en masse des insectivores qui représentent 58 % des espèces, 96 % des densités et 94 % des biomasses.

Ces chiffres traduisent à leur manière, l'extrême simplicité de ce milieu, dans lequel, quasiment un seul type de ressource alimentaire est significativement disponible. Nous verrons par ailleurs, que ce phénomène est largement rebondant et dévoile la place importante que tiennent les proies invertébrées dans la structuration des peuplements d'oiseaux, dans cette formation végétale de la région.

La structure du peuplement à travers la répartition des familles, révèle, on s'y attendait que les Sylviidés dominent. Bien qu'ils ne représentent que 26 % des espèces, ils ne constituent pas moins de 91 % des densités et des biomasses consommantes (Tab. 14.2).

La lecture du tableau 14.3 montre que le peuplement avien du maquis bas est caractérisé par une richesse moyenne faible, du reste, la plus faible de la succession, en dépit d'une abondance totale et d'une richesse supérieure à celle des pelouses. Ce phénomène traduit une grande hétérogénéité globale du peuplement, exprimée par ailleurs, par T, qui prend avec ce milieu, sa valeur la plus faible.

Tableau 14.1 - Espèces, fréquences d'occurrences F%, densités spécifiques di, biomasses brutes BBI et consommantes BCI, catégories trophiques du peuplement du maquis bas.

ESPECES	F%	di c/10 ha	BBi g/10 ha	BCi g0,7/10 ha	Catég. troph.
Fauvette mélanocéphale	100	20,61	783	326	I
Fauvette pitchou	60	4,39	97	47	I
Troglodyte	20	1,19	26	13	I
Cochevis de Thekla	35	0,33	25	8	G
Linotte mélodieuse	15	0,19	6,8	2,9	G
Pinson des arbres	15	0,16	7	2,8	G
Chardonneret	15	0,13	4,2	1,8	G
Mésange charbonnière	5	0,13	4,9	2	I
Bulbul gris	10	0,12	8,4	2,9	F
Cisticole des joncs	10	0,10	1,8	0,9	I
Téléphone tchagra	10	0,08	7,5	2,4	I
Cochevis huppé	10	0,07	5,6	1,8	G
Coucou gris	5	0,02	4,7	1,1	I
Moineau domestique	45	-	-	-	G
Turnix d'Andalousie	15	-	-	-	G
Fauvette à lunette	10	-	-	-	I
Fauvette passerinette	10	-	-	-	I
Agrobate roux	15	-	-	-	I
Traquet oreillard	10	-	-	-	I

G = granivore, I = instectivore, F = frugivore.

Tableau 14.2 - Structure du peuplement en familles, exprimées en richesse (Sf), en densité (Df) et en biomasse consommante (BC f).

Familles	Sf	Df	BC f
Sylviidae	5	25,10	374
Troglodytidae	1	1,19	13
Fringillidae	3	0,48	8
Alaudidae	2	0,40	10
Paridae	1	0,13	2
Pycnonotidae	1	0,12	3
Laniidae	1	0,08	2,4
Cuculidae	1	0,02	1,1
Ploceidae	1	-	-
Turnicidae	1	-	-
Turdidae	2	-	-

Tableau 14.3 - Paramètres de structure du peuplement :

N	S	a/N	s	T	V	D	H'	H'max	E	BBp	BCp	BB/sp
20	19	0,10	4,15 ± 0,42 α=0,05	21,18	23,10	27,50	1,291	4,248	0,303	982	413	29,3

pour la signification des symboles cf. chapitre 2.

En outre, la faible valeur de H', confirme ce que la figure 9 avait révélé, c'est-à-dire un peuplement dont la structure principale est assurée par la présence d'une espèce ; 2 à la rigueur, qui relèguent à un rôle quantitativement quasi marginal, le reste du peuplement.

1.3. Le peuplement du maquis moyen à Pistacia lentiscus :

Le maquis moyen se caractérise par rapport au biotope précédent par une structure de la végétation dont l'E.V.V. est plus de 2 fois supérieur (cf. Tab. 5).
Si cette différence se traduit par une augmentation globale de la valeur des paramètres de son peuplement avien, la structure de celui-ci n'en demeure pas moins identique à celle du précédent (Fig. 9).
Le jeu des remplacements d'espèces a abouti à un bilan de 4 espèces supplémentaires, avec l'apparition de 12 espèces nouvelles par rapport au milieu précédent (Tab. 15.1).
La richesse portée ainsi à 23 espèces ne semble pas refléter la richesse potentielle de ce milieu si l'on en juge la valeur du rapport a/N qui reste assez élevée (Tab. 15.3).
A l'instar du maquis bas, cette insuffisance de l'échantillonnage est vraisemblablement due au nombre élevé d'espèces rares contactées, puisque 52 % d'entre elles ont une fréquence inférieure ou égale à 20 % (Tab. 15.1), celles-ci se recrutant surtout parmi les espèces nouvellement acquises.
Parallèlement, on assiste à l'augmentation des fréquences des espèces déjà contactées dans le maquis bas et, partant, à l'illustration d'un classique phénomène successionnel où des espèces pionnières (Linotte, Chardonneret, Pinson, Mésange charbonnière) confortent une position dans un biotope relativement plus favorable, alors que des espèces nouvellement apparues ne se manifestent qu'à des niveaux d'abondance faibles, dans un biotope aux conditions encore peu favorables (Fauvette à tête noire, Mésange bleue, Serin cini, Tourterelle des bois, merle noir...).

L'examen de la figure 9, révèle une structure de peuplement qui, de toute évidence diffère peu de celle du peuplement du maquis bas. Sa caractéristique principale reste toujours la dominance de la Fauvette mélanocéphale, malgré l'augmentation des effectifs d'espèces, que l'on ne peut qualifier que de compagnes, telles que le Troglodytes, le Rouge-gorge...

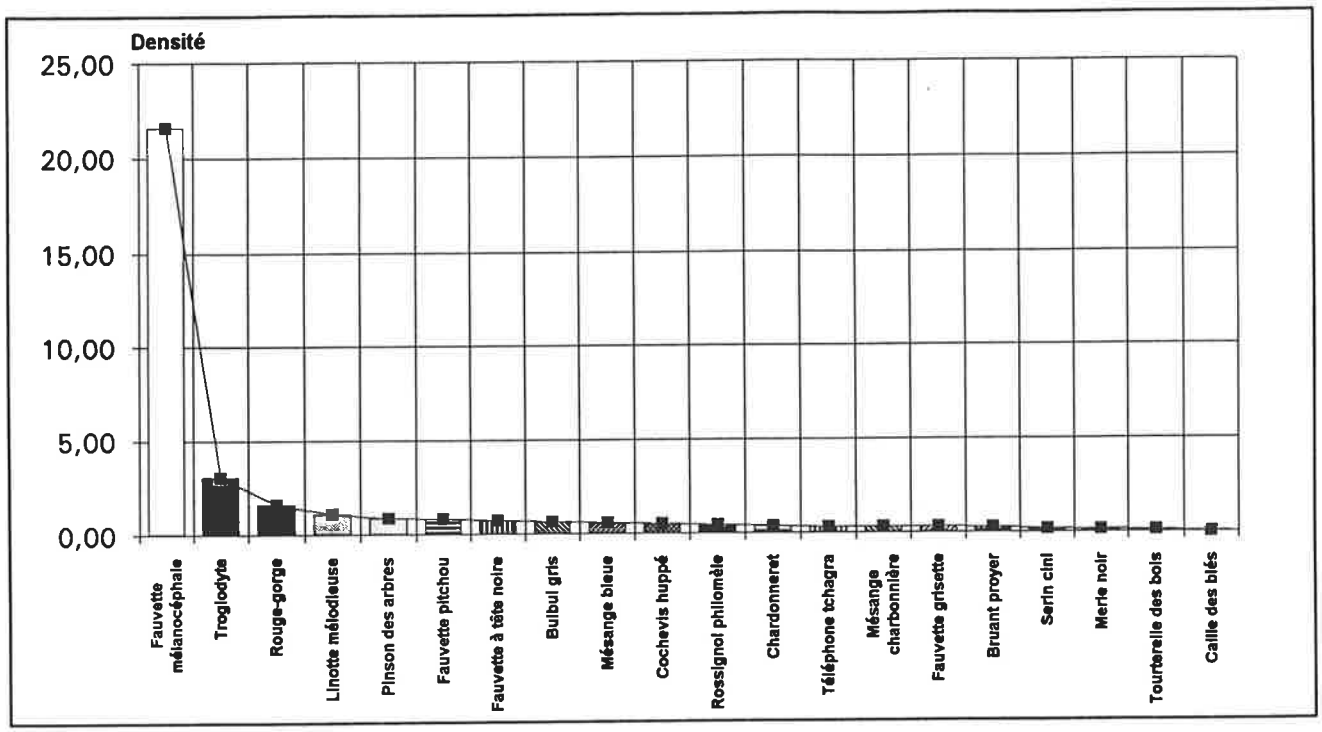


Figure 9 : Distribution d'abondance du peuplement du maquis moyen

Tableau 15.1 - Espèces, fréquences d'occurrences F%, densités spécifiques di, biomasses brutes BBi et consommantes BCi, catégories trophiques du peuplement du maquis moyen.

ESPECES	F%	di c/10 ha	BBi g/10 ha	BCi g0,7/10 ha	Catég. troph.
Fauvette mélanocéphale	100	21,58	820	341	I
Troglodyte	65	3,06	67	33	I
Rouge-gorge	35	1,60	61	25,3	P
Linotte mélodieuse	40	1,06	38	16	G
Pinson des arbres	60	0,87	38,3	15	G
Fauvette pitchou	10	0,84	18,5	9	I
Fauvette à tête noire	20	0,72	24,5	10,5	I
Bulbul gris	40	0,66	46	15,8	F
Mésange bleue	15	0,59	13	6,4	I
Cochevis huppé	50	0,52	42	13,7	G
Rossignol philomèle	45	0,45	21	8	I
Chardonneret	30	0,39	12,5	5,5	G
Téléphone tchagra	35	0,33	31	9,8	I
Mésange charbonnière	15	0,32	12	5	I
Fauvette grisette	10	0,31	9,3	4,2	I
Bruant proyer	25	0,29	27	8,6	G
Serin cini	10	0,19	4,6	2,2	G
Merle noir	20	0,16	30,4	7,7	P
Tourterelle des bois	20	0,12	36	8	Fg
Caille des blés	5	0,03	6	1,5	G
Hypolais polyglotte	15	-	-	-	I
Traquet oreillard	10	-	-	-	I
Bruant zizi	5	-	-	-	G

I = Insectivore, P = polyphage, G = Granivore, F = frugivore,
Fg = frugivore ± granivore.

Tableau 15.2 - Structure du peuplement en familles, exprimées en richesse (Sf), en densité (Df) et en biomasse consommante (BC f).

Familles	Sf	Df	BC f
Sylviidae	5	23,45	365
Troglodytidae	1	3,06	33
Fringillidae	4	2,51	39
Turdidae	4	2,21	41
Paridaee	2	0,91	11,5
Pycnonotidae	1	0,66	16
Alaudidae	1	0,52	13,7
Laniidae	1	0,33	9,8
Emberizidae	2	0,29	8,6
Columbidae	1	0,12	8
Phasianidae	1	0,03	1,5

Tableau 15-3 : Paramètres de structure du peuplement :

N	S	a/N	s	T	V	D	H'	H'max	E	BBp	BCp	BB/sp
20	23	0,10	7,10 ± 1,10 α=0,05	30,90	36,60	34,10	2,30	4,524	0,508	1358	546	33,9

Pour la signification des symboles cf. chapitre 2.

Celle-ci représente encore, en dépit d'un léger fléchissement de sa participation, quelques 63 % des effectifs, 60 % de la biomasse brute et 62 % de la biomasse consommante. Ce fléchissement est en fait dû à l'augmentation de l'abondance des espèces de rang inférieur et traduit une plus grande participation de celles-ci à la structuration du peuplement, même si elle est toute relative.

L'apparition de la Fauvette à tête noire, du Rouge-gorge, du Merle noir et du Rossignol philomèle, suggère, même si leur abondance est peu significative, que le maquis moyen commence à réunir les conditions de fraîcheur et d'humidité nécessaires à l'installation de ces espèces. Ce constat doit être cependant nuancé par le fait que la plupart de ces espèces ont été contactées dans les creux inter-dunaires et les fonds de vallons, c'est-à-dire là où les stations sont les plus fraîches.

Notons par ailleurs, la présence syntopique de 4 espèces de Fauvettes - mélanocéphale-à tête noire - pitchou et grisette - dont la dernière, semble être à son préférendum dans ce biotope. La présence, également, de la Mésange bleue, dont le maquis moyen semble plus constituer un réservoir de ressources trophiques qu'un site de nidification.

Du point de vue trophique, on constate que les insectivores ne représentent plus que 48 % des espèces. Cependant, ils dominent encore numériquement puisqu'ils constituent 83 % des densités et 75 % des biomasses consommantes. Nous sommes encore, on s'y attendait, dans un milieu où

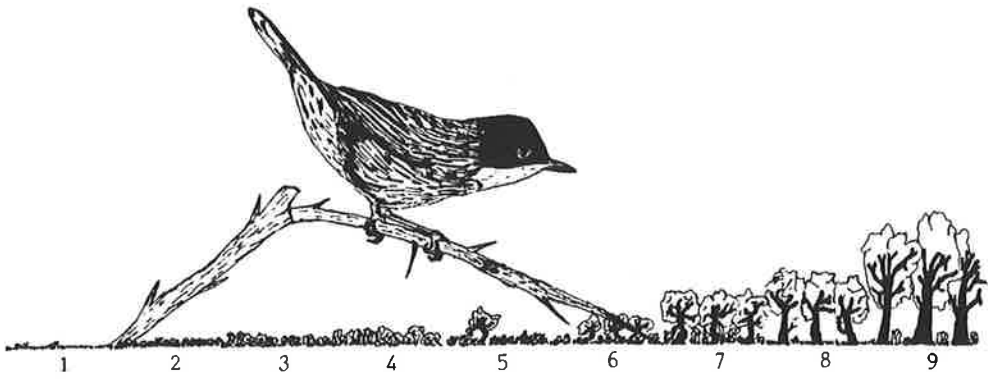
l'essentiel du peuplement est structuré par des ressources trophiques dominées par des invertébrés arthropodes et où le rôle direct des fruits et graines reste faible.

Structuré en familles, le peuplement reste dominé par les Sylviidés qui cumulent 69 % des densités et 67 % des biomasses consommantes.
La lecture du tableau 15.3, nous révèle une richesse stationnelle moyenne s de 7,10 espèces par I.P.A. près de 2 fois plus élevée que celle du milieu ligneux précédent. Cependant, la valeur de V, la plus forte de la succession, trahit son importante oscillation autour de la moyenne, qui traduit une hétérogénéité intra-biotope, élevée. Nous suggérons pour ceci, l'effet induit par la localisation des stations dans les creux inter-dunaires et les fonds de vallons, nettement plus riches que celles qui sont localisées sur les crêtes et les versants, par définition plus sèches et dans lesquelles nous n'avons contacté que quelques espèces thermophiles.
Le déséquilibre de la distribution d'abondance est exprimée par un indice de diversité H' relativement faible. Il réalise une équitabilité E qui exprime un écart important avec la diversité maximale H' max.
Ces chiffres traduisent le caractère encore contraignant et simplifié de ce milieu, même s'il est relativement productif, puisqu'on y observe une densité avifaunistique totale de 34,10 c/10 ha.

1.4. Le peuplement du maquis haut à Pistacia lentiscus et Quercus coccifera :

Par rapport aux milieux précédents, le maquis haut se distingue par un degré de fermeture de la végétation, nettement plus important. Ce milieu inaugure, par les caractéristiques structurales de la végétation, la catégorie des milieux semi-ouverts.
23 espèces y ont été contactées, avec un qualité d'échantillonnage qui semble meilleur que dans les milieux ligneux précédents, puisque le rapport a/N n'est égal qu'à 0,05. (Tab. 16-3). De ce fait, seulement 22 des espèces contactées ont des fréquences inférieurs ou égales à 20 %, contre 52 % dans le maquis moyen et 80 % dans le maquis bas.

La distribution d'abondance des espèces, illustrée dans la figure 10, révèle un peuplement où se met en place un cortège d'espèces, de rang inférieur à 1, qui traduit une plus grande tendance à



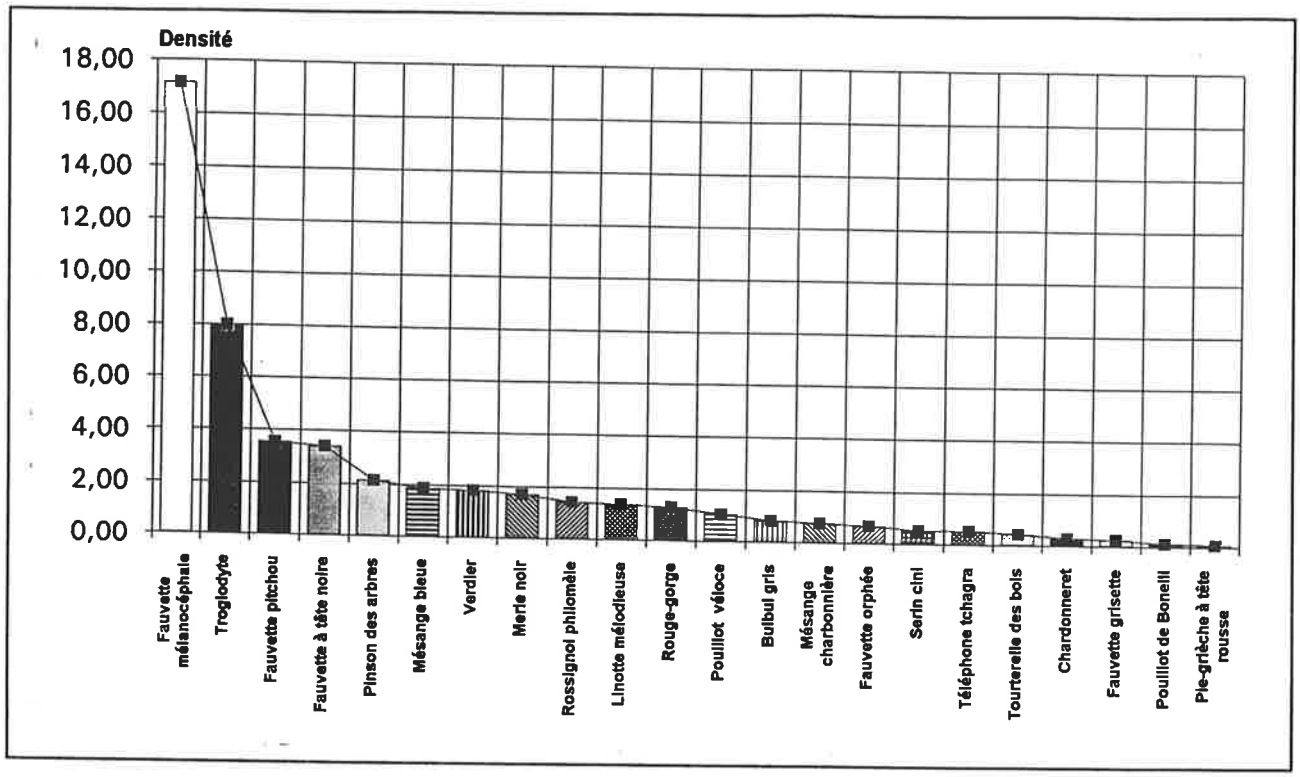


Figure 10 : Distribution d'abondance du peuplement du maquis haut.

l'équilibre grâce aux abondances que celles-ci réalisent. La fauvette mélanocéphale ne semble plus saturer le milieu puisqu'elle ne représente plus que 35 % des effectifs, 31 % de la biomasse brute et 34 % de la biomasse consommante. Du reste, les 3 premières espèces du peuplement, ne représentent que 58 % des densités, contre 77 % dans le maquis moyen et 95 % dans le maquis bas.

Evidemment, la forme en L de la courbe, n'en traduit pas moins un déséquilibre en faveur d'un petit nombre d'espèces, en l'occurrence, la Fauvette mélanocéphale et le Troglodyte. Celui-ci tend, cependant, par rapport aux milieux ligneux précédents, à être corrigé par des conditions moins contraignantes, qui permettent, surtout aux espèces de stations fraîches (Troglodyte, Fauvette à tête noire, Merle noir, Rossignol philomèle, Rouge-gorge) mais également à des Fringillidés (Verdier, Pinson des arbres, Linotte) de réaliser une partie importante de leur niche écologique, puisque la plupart d'entre elles nichent dans ce biotope.

Signalons par ailleurs, l'apparition de Sylviidés des frondaisons, tels que les pouillots véloce et de Bonelli ; de la Fauvette orphée [1] dont la densité du couvert lui est particulièrement favorable et du Verdier qui est vraisemblablement attiré par la présence des Genévriers infiltrés dans ce milieu.

(1) Il semble que 2 formes soient présentes dans l'est algérien : S. h. hortensis et S. h. crassirostris qui est la forme orientale. Celle-ci se distingue de la première par un chant moins monotone, plus soutenu et plus mélodieux. Il nous semble même qu'elle y soit plus abondante ; à moins qu'elle ne se manifeste plus souvent (J.C. Roché. Walk Bird)

Tableau 16.1 - Espèces, fréquences d'occurrences F%, densités spécifiques di,, biomasses brutes BBi et consommantes BCi, catégories trophiques du peuplement du maquis haut.

ESPECES	F%	di c/10 ha	BBi g/10 ha	BCi g0,7/10 ha	Catég. troph.
Fauvette mélanocéphale	100	17,13	651	271	I
Troglodyte	90	8,00	176	86,4	I
Fauvette pitchou	55	3,54	78	38,2	I
Fauvette à tête noire	75	3,40	115,6	49,6	I
Pinson des arbres	90	2,13	93,7	37	G
Mésange bleue	45	1,86	41	20	I
Verdier	60	1,81	108,6	39	G
Merle noir	85	1,69	321	81,8	P
Rossignol philomèle	90	1,43	65,8	25,7	If
Linotte mélodieuse	55	1,38	49,7	21	G
Rouge-gorge	25	1,30	49,4	20,5	P
Pouillot véloce	25	1,06	17	9	I
Bulbul gris	50	0,83	58	20	Fi
Mésange charbonnière	25	0,77	29,3	12,2	I
Fauvette orphée	35	0,69	33	12,8	I
Serin cini	15	0,56	13,4	6,4	G
Téléphone tchagra	50	0,55	51,7	16,3	If
Tourterelle des bois	45	0,46	138	30,7	Fg
Chardonneret	25	0,31	10	4,3	G
Fauvette grisette	10	0,25	7,5	3,4	I
Pouillot de Bonelli	5	0,13	2,1	1	I
Pie-grièche à tête rousse	15	0,08	6,2	2	I
Hypolaïs polyglotte	10	-	-	-	I

I = Insectivore, G = Granivore, P = polyphage, If = Insectivore ± frugivore, Fi = Frugivore ± insectivore, Fg = frugivore ± granivore.

Tableau 16.2 - Structure du peuplement en familles, exprimées en richesse (Sf), en densité (Df) et en biomasse consommante (BC f).

Familles	Sf	Df	BC f
Sylviidae	8	26,20	384,8
Troglodytidae	1	8,00	86,4
Fringillidae	5	6,19	107,8
Turdidae	3	4,42	128
Paridaee	2	2,63	32,3
Pycnonotidae	1	0,83	20
Laniidae	2	0,63	18,4
Columbidae	1	0,46	30,7

Tableau 16.3 - Paramètres de structure du peuplement

N	S	a/N	s	T	V	D	H'	H'max	E	BBp	BCp	BB/sp
20	23	0,05	10,80 ± 1,10 α=0,05	47	23,20	49,33	3,366	4,524	0,744	2116	808	28,8

Pour la signification des symboles cf. chapitre 2.

Du point de vue des catégories trophiques (Tab. 16.1), si les insectivores gagnent des espèces et passent à 61 % de la richesse, ils ne représentent plus guère que 60 % de la biomasse consommante. On assiste, en revanche, à une augmentation des polyphages du sol représentés par les Turdidés (Merle, Rouge-gorge, Rossignol) qui emportent 18 % de la biomasse consommante.

Vue sous l'angle des familles, la structure du peuplement est spécifiquement dominée par les Sylviidés qui représentent 35 % des espèces. Cette dominance est cependant relativisée lorsque l'on passe aux densités, où elles ne réalisent que 53 % des abondances et aux biomasses consommantes où elles n'y participent qu'à auteur de 48 %, contre respectivement, 67 % et 91 %, dans le maquis moyen et bas, pour ce dernier paramètre.

La lecture du tableau 16-3, nous indique une richesse stationnelle moyenne qui gagne plus de 3,5 espèces par rapport au biotope précédent. Cette valeur n'est pas sans rapport avec la densité du peuplement qui atteint presque 50 c/10ha et qui fait du maquis haut, un milieu à forte densité d'oiseaux. La valeur de T suggère une peuplement dont le degré d'homogénéité est élevé, reflétant celle d'un milieu qui se caractérise par sa monotonie physionomique.

A richesse égale avec le maquis moyen, le maquis haut se distingue par un peuplement dont l'indice de diversité H' est nettement plus élevé ; réalisant une équitabilité qui résume bien la tendance à la rupture de la quasi monospécificité que nous avons observée dans les 2 milieux précédents.

1.5. Le peuplement du maquis à strate arborée claire de <u>Quercus suber</u> :

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le maquis à strate arborée claire a été inclus dans la succession étudiée, dans le but de mesurer les effets de la présence d'une strate arborée de faible recouvrement, lorsqu'elle est superposée à un maquis de type moyen, sur la composition et la structure d'un peuplement d'oiseaux.
Les 20 relevés d'avifaune qui y ont été réalisés, ont permis de contacter 31 espèces (Tab. 17.1), avec un rapport a/N de la courbe de richesse cumulée, égal à 0,10 (Tab. 17.3).
En se référant au tableau 17-1, la composition du peuplement nous fait d'emblée, constater que l'effet "strate arborée" est loin d'être négligeable, même si cette strate ne possède qu'un recouvrement moyen de 14 %. Celle-ci a, en effet, incontestablement conditionné la présence d'espèces strictement arboricoles, telles que le Gobe-mouches gris, le Torcol, le Pic épeiche ou encore, le Gros-bec.
L'effet "strate arborée" se remarque également à travers l'augmentation significative de la fréquence de certaines espèces par rapport au milieu précédent, comme le Serin cini ($P < 0,05$), la mésange charbonnière ($p < 0,01$) et le Chardonneret ($p \approx 0,01$).

L'augmentation de la richesse, dans un tel milieu, s'accompagne inévitablement par l'apparition d'un certain nombre d'espèces rares, dont la fréquence est supérieure ou égale à 20 %. Celles-ci

représentent, en effet, 42 % de la richesse totale et expliquent en partie la valeur élevée du rapport a/N.

L'examen de la figure 11, révèle une distribution d'abondance analogue à celle du maquis haut, avec cependant un déséquilibre plus marqué au niveau des espèces des 2 premiers rangs. Sans tout-à-fait ressembler aux distributions d'abondances des milieux ligneux ouverts, elle n'en possède pas moins certaines caractéristiques : grande dominance de la Fauvette mélanocéphale, long cortège d'espèces rares.

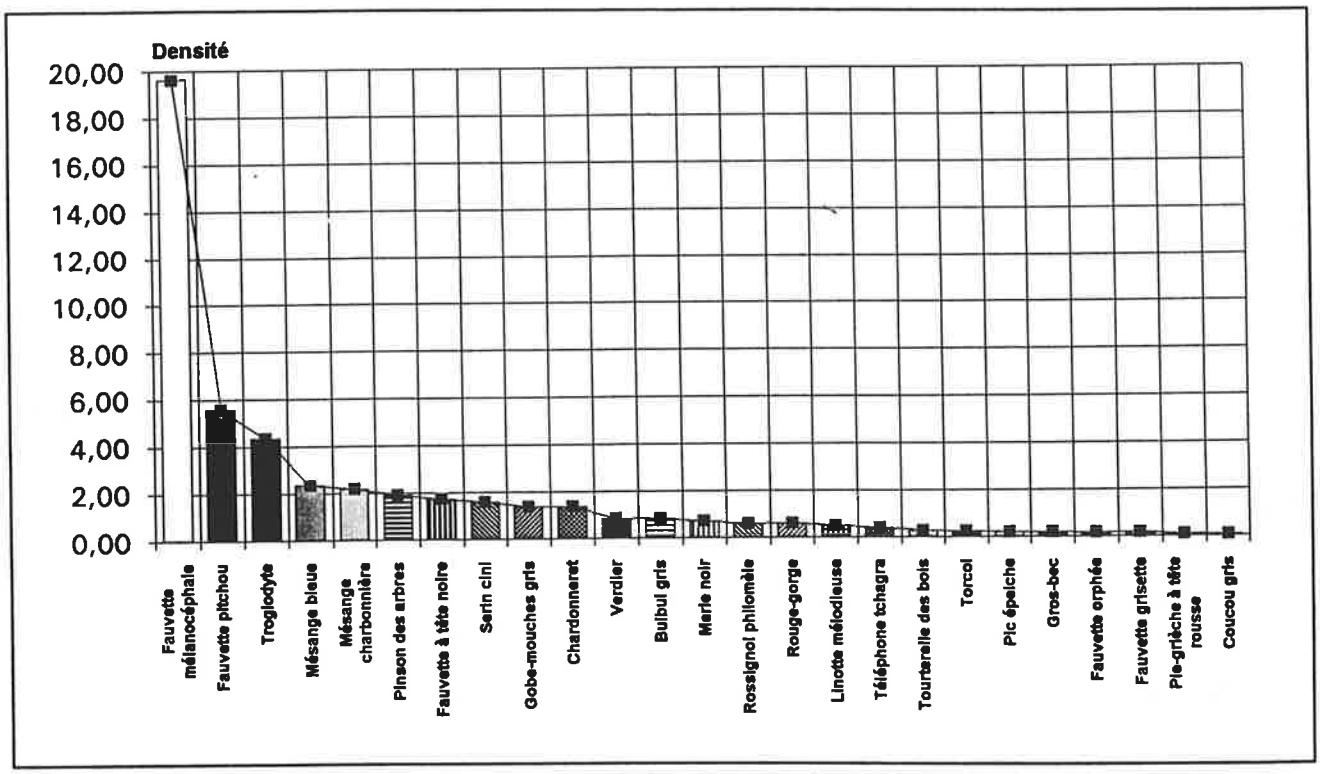


Figure 11 : Distribution d'abondance du peuplement du maquis à strate arborée claire.

Du reste, la Fauvette mélanocéphale, après un fléchissement de son abondance dans le maquis haut, manifeste un regain de sa participation numérique et pondérale pour représenter 41 % des densités et environ 40 % de la biomasse brute et consommante.

Une autre mesure de ce déséquilibre tient au fait que les 3 premières espèces du peuplement représentent 61 % de densités, 50 % de la biomasse brute et 55 % de la biomasse consommante ; contre respectivement, 58 %, 43 % et 49 % dans le maquis haut et ce, en dépit d'une importante différence de richesse entre les 2 milieux.

La répartition des catégories trophiques, nous apprend que, si les insectivores (autres que corticoles, qui exploitent une niche particulière), augmentent en valeur absolue, ils ne constituent pas plus de 52

% des espèces. Seulement, le niveau des abondances des autres catégories est tellement faible, qu'ils continuent de représenter 81 % de densités et 68 % de la biomasse consommante.

On note, en outre, un fléchissement de la participation des polyphages, probablement provoqué par la structure du maquis, qui se rapproche plus de celle du maquis moyen. Ceux-ci voient, en effet, leur proportion en densité et en biomasse consommante, passer de 6 % et 18 % dans le maquis haut, à 2 % et 8 % dans le présent milieu. Notons également que la proportion des granivores reste à peu près constante et qu'apparaissent les premiers insectivores corticoles. Il est étonnant, à cet égard, de constater que le Pic épeiche manifeste un degré de plasticité aussi élevé, vis à vis de la strate arborée, en s'installant dans des formations aussi dégradées.

Tableau 17.1 - Espèces, fréquences d'occurrences F%, densités spécifiques di, biomasses brutes BBi et consommantes BCi, catégories trophiques du peuplement du maquis à strate arborée claire.

ESPECES	F%	di c/10 ha	BBi g/10 ha	BCi g0,7/10 ha	Catég. troph.
Fauvette mélanocéphale	100	19,63	746	310	I
Fauvette pitchou	45	5,57	122,5	60,2	I
Troglodyte	75	4,35	95,7	47	I
Mésange bleue	60	2,35	51,7	25,4	I
Mésange charbonnière	70	2,18	82,8	34,4	I
Pinson des arbres	100	1,90	83,6	33,1	G
Fauvette à tête noire	50	1,73	58,8	25,3	I
Serin cini	45	1,59	38,2	18,1	G
Gobe-mouches gris	35	1,38	44,2	19,3	I
Chardonneret	65	1,36	43,5	19	G
Verdier	40	0,88	52,8	19	G
Bulbul gris	50	0,83	58	20	Fi
Merle noir	60	0,72	137	34,8	P
Rossignol philomèle	55	0,63	29	11,3	If
Rouge-gorge	20	0,60	22,8	9,5	P
Linotte mélodieuse	25	0,50	18	7,6	G
Téléphone tchagra	40	0,45	42,3	13,3	If
Tourterelle des bois	30	0,29	87	19,4	Fg
Torcol	20	0,25	19	6,4	Ic
Pic épeiche	15	0,20	32	8,6	Ic
Gros bec	5	0,20	20,8	6,4	Fg
Fauvette grisette	10	0,19	5,7	2,5	I
Fauvette orphée	10	0,19	9,1	3,5	I
Pie-grièche à tête rousse	15	0,10	7,8	2,6	I
Coucou gris	10	0,08	18,9	4,5	I
Hypolaïs polyglotte	35	-	-	-	I
Bruant fou	10	-	-	-	G
Bruant zizi	10	-	-	-	G
Coucou geai	10	-	-	-	I
Perdrix gambra	10	-	-	-	G
Rubiette de Moussier	15	-	-	-	I

I = Insectivore, G = Granivore, Fi = Frugivore ± insectivore, P = polyphage, If = Insectivore ± frugivore, , Fg = frugivore ± granivore, Ic = Insectivore corticole.

Tableau 17.2 - Structure du peuplement en familles, exprimées en richesse (Sf), en densité (Df) et en biomasse consommante (BC f).

Familles	Sf	Df	BC f
Sylviidae	6	27,31	401,7
Fringillidae	6	6,43	103,2
Paridae	2	4,53	60
Troglodytidae	1	4,35	47
Turdidae	4	1,95	55,6
Muscicapidae	1	1,38	19,3
Pycnonotidae	1	0,83	20
Laniidae	2	0,55	15,9
Picidae	2	0,45	15
Columbidae	1	0,29	19,4
Cuculidae	2	0,08	4,5
Phasianidae	1	-	-
Emberizidae	2	-	-

Tableau 17.3 - Paramètres de structure du peuplement

N	S	a/N	s	T	V	D	H'	H'max	E	BBp	BCp	BB/sp
20	31	0,10	11,30 ± 1,26 α=0,05	36,50	25,40	48,13	3,156	4,954	0,637	1927	761	50,5

Pour la signification des symboles cf. chapitre 2.

Du point de vue des familles (Tab. 17-2), la caractéristique de ce peuplement, tient dans la présence de 6 Fringillidés qui occupent le 2ème rang des densités et des biomasses consommantes. Le milieu, par son grain qui résulte de la combinaison de milieu ligneux ouverts et semi-ouverts, constitue, en effet, un biotope favorable à la Linotte, au Chardonneret et au Verdier. Quant à la présence du Gros-bec, elle semble, probablement, surtout provoquée par un effet de lisière lié à la présence (pourtant éloignée) de quelque ripisylve. Cette place que tiennent les Fringillidés dans le peuplement, est, en fait, surtout due au fléchissement des Turdidés et Troglodytidés, qu'à une véritable augmentation de leur effectif.

La lecture du tableau 17-3 nous indique que la richesse moyenne du maquis à strate arborée claire est à peine plus élevée que celle du maquis haut (en fait, statistiquement, la différence n'est pas significative) et ce, en dépit d'une richesse totale nettement supérieure. Ceci suggère un schéma de distribution des individus, très hétérogène, qui traduit incontestablement la répartition par taches, de la végétation, notamment arborée. On remarque d'ailleurs que V prend une des valeurs les plus élevées du secteur écologique échantillonné, traduisant de fortes fluctuations de s autour de sa moyenne.

Par rapport au milieu précédent, le maquis à strate arborée claire affiche également une valeur de "T" nettement inférieure, qui résume le caractère globalement hétérogène du peuplement et qui corrobore du même coût l'analyse précédente.

La faible valeur de l'équitabilité E, inférieure encore à celle du maquis haut, montre, du point de vue structurel, le caractère déséquilibré du peuplement.
Les résultats dont nous venons de prendre connaissance, peuvent paraître relativement paradoxaux dans la mesure où ils caractérisent un biotope dont le peuplement avien est censé être plus structuré que ceux des milieux précédents.
Or, nous venons de voir, à de nombreux égards, que celui du maquis haut se caractérise par une structure plus homogène ; exprimée par les valeurs que prennent H', E, et illustrée par la distribution d'abondance de la figure 10.
En fait, ce phénomène est lié à la place que nous avons attribué au maquis à strate arborée claire dans l'ordre successionnel. Celle-ci ne répondait, en effet, qu'au critère "mise en place d'une strate arborée" sans qu'il ne soit tenu compte du degré d'homogénéité ou de la structure d'ensemble. Or, la strate buissonnante du maquis arboré est beaucoup moins haute et dense que celle du maquis haut. Lorsque l'on sait que cette strate est dominante dans le maquis arboré, il n'est, finalement pas étonnant de constater, que le peuplement dont elle conditionne l'existence, est moins structuré que celui du maquis haut. Notons, par ailleurs, que l'E.V.V. du maquis haut est supérieur à celui du maquis à strate arborée claire (cf. Tab. 5).

Ce phénomène illustre, s'il en fut, les difficultés qu'il y a à concevoir une stratification de milieux, qui concilie à la fois la conception que nous nous faisons d'une succession de végétation et la réponse cohérente (attendue ?) de l'avifaune à cette succession.

1.6. Le peuplement du maquis à strate arborée dense de Quercus suber :

Le maquis à strate arborée dense est un stade successionnel pré-forestier au sens strict. La richesse totale qui y a été mesurée est la plus élevée du secteur écologique échantillonné, avec 33 espèces contactées (Tab. 18-3).
Le rapport a/N indique avec une valeur de 0,10, une qualité d'échantillonnage moyenne. La lecture du tableau 18.1 nous indique que 48 % des espèces ont une fréquence inférieure ou égale à 20 %. Ce phénomène nous incite à penser que la valeur relativement élevée du rapport a/N est due à la même cause que celle évoquée pour les milieux précédents, c'est-à-dire un nombre important d'espèces rares.

L'augmentation de la couverture arborée a eu pour effet l'apparition d'une avifaune sylvatique au sens strict. Celle-ci est, en effet, représentée par le Grimpereau brachydactyle, le Pic de Levaillant, le Geai des chênes. Elle a entraîné du même coup, l'augmentation de densité de celle, que l'on n'ose plus qualifier de sylvatique, tant sa répartition dans les milieux est importante (Mésange bleue, Mésange charbonnière, Pinson des arbres...).

La distribution d'abondance des espèces, illustrée par la figure 12, révèle un peuplement dont la structure est fortement hiérarchisée dès les 2 premiers rangs. Cette hiérarchie s'estompe avec les rangs suivants, mais à un niveau de densité relativement faible.

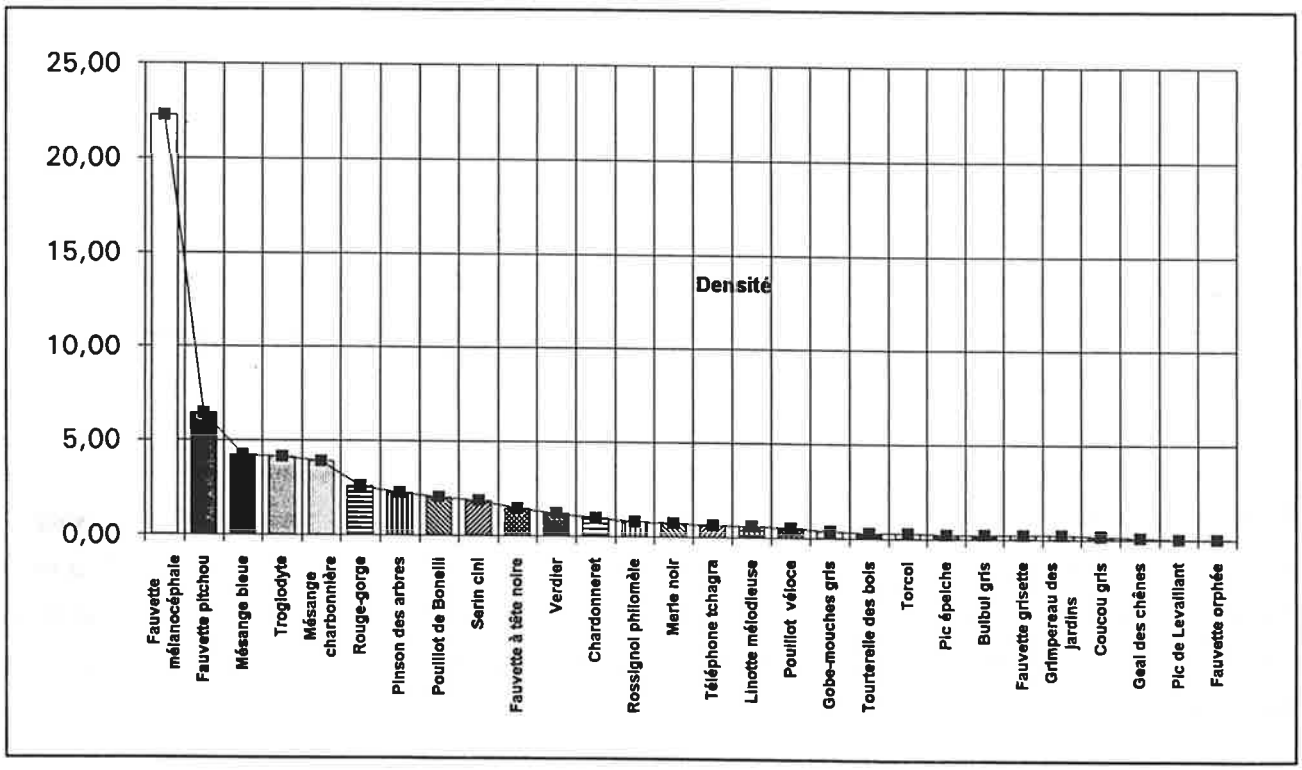


Figure 12 : Distribution d'abondance du peuplement du maquis à strate arborée dense.

Comme précédemment, ce phénomène suggère, à l'évidence, que le milieu reste "piloté" par un facteur prépondérant. L'augmentation du recouvrement de la strate arborée, même si elle introduit un élément de nouveauté dans le paysage, ne suffit pas à créer, de manière significative, une alternative fonctionnelle à l'ambiance persistante de maquis, que la Fauvette mélanocéphale et la Fauvette pitchou continuent de caractériser par le rang qu'elles occupent.

Cette caractéristique est d'autant plus importante, que ces 2 espèces représentent 49 % des densités, 43 % de la biomasse brute et 46 % de la biomasse consommante.
Si on rajoute l'espèce de 3ème rang, ces chiffres passent respectivement à 56 %, 47 % et 51 % pour un peu plus de 9 % des espèces.

Selon un processus successionnel déjà évoqué, les espèces nouvellement apparues (Grimpereau, Geai, Pic de Levaillant, Huppe fasciée, Rollier d'Europe) sont représentées par une faible quantité d'individus, étant à la limite de leurs conditions d'habitat, alors que les espèces observées dans les milieux précédents, renforcent leur position dans le milieu, par l'augmentation de leurs effectifs.
Notons l'omniprésence du Traquet oreillard là où le sol est recouvert de rocaille, du Rollier d'Europe, qui est plus fréquemment observé lors des passages migratoires lorsqu'il se constitue en groupes de

quelques individus, de la Huppe fasciée, que l'on retrouve plus volontiers dans les milieux herbacés ou, comme nous le verrons, dans des milieux plus franchement forestiers à sous-bois de faible recouvrement.

Du point de vue trophique, nous constatons que les insectivores se maintiennent, à peu de choses près, à leur niveau du milieu précédent, soit 55 % des espèces mais surtout 80 % des densités et 67 % des biomasses. Parallèlement, "l'effet strate arborée" se manifeste à travers l'augmentation de la participation des insectivores corticoles avec 12 % des espèces. Cet effet, n'est cependant pas particulièrement puissant, puisque ceux-ci ne représentent, en fin de compte, que 1 % des densités et 4 % des biomasses consommantes. Il n'est pas certain, à ce propos, que la faiblesse de cet effet ne soit imputable qu'à la faiblesse du recouvrement de la strate arborée. Il est vraisemblable que l'âge des arbres, donc leur taille, voire, leur forme, ne soient pas sans rapport avec le niveau particulièrement bas de leur abondance.

Prodon (1988) évoque la possibilité qu'une partie des grandes espèces sylvatiques (Pic de Levaillant, Pic épeiche, Geai...) ne doivent leur présence dans ce type de milieu, que par un effet de pénétration à partir de milieux adjacents plus franchement forestiers. Pour notre part, nous sommes plus enclin à penser, compte-tenu de la réduction des milieux franchement forestiers au sens strict et surtout de l'étendue importante des milieux du type "maquis à strate arborée dense", que ces espèces sont totalement "partie prenante" de ce biotope. Les conditions, cependant, peu favorables qui y règnent, les maintiennent à des seuils de densité relativement bas.

La lecture du tableau 18.3 nous indique que la richesse stationnelle moyenne est légèrement supérieure à celle du milieu précédent. Cependant, la valeur de "T", que l'on comparera à celle du maquis haut, révèle incontestablement un peuplement globalement hétérogène, marqué par un important écart entre la richesse totale et la richesse moyenne.

La valeur de V indique, en revanche, une oscillation de la richesse stationnelle qui ne reflète pas, comme nous le supposions, le grain structural hétérogène du milieu. En fait, nous avons remarqué que l'avifaune des îlots arborés, avait tendance à "diffuser" dans le maquis environnant, de telle sorte qu'il se produit une relative homogénéisation de celle-ci. Il est vraisemblable que cette diffusion soit à l'origine de la faible variation de la richesse stationnelle, observée.

Tableau 18.1 - Espèces, fréquences d'occurrences F%, densités spécifiques di, biomasses brutes BBi et consommantes BCi, catégories trophiques du peuplement à strate arborée dense.

ESPECES	F%	di c/10 ha	BBi g/10 ha	BCi g0,7/10 ha	Catég. troph.
Fauvette mélanocéphale	100	22,28	847	352	I
Fauvette pitchou	85	6,41	141	69,2	I
Mésange bleue	75	4,20	92,4	45,4	I
Troglodyte	55	4,15	91,3	44,8	I
Mésange charbonnière	90	3,92	149	61,9	I
Rouge-gorge	60	2,60	98,8	41	P
Pinson des arbres	85	2,25	99	39,2	G
Pouillot de Bonelli	65	2,06	33	17,7	I
Serin cini	55	1,88	45	21,4	G
Fauvette à tête noire	40	1,45	49,3	21,2	I
Verdier	45	1,25	75	27	G
Chardonneret	50	0,96	30,7	13,4	G
Rossignol philomèle	65	0,80	36,8	14,4	If
Merle noir	55	0,72	136,8	34,8	P
Téléphone tchagra	60	0,63	59,2	18,6	If
Linotte mélodieuse	30	0,63	22,7	9,6	G
Pouillot véloce	15	0,53	8,5	4,6	I
Gobe-mouches gris	10	0,38	12,2	5,3	I
Tourterelle des bois	30	0,33	99	22	Fg
Torcol	20	0,31	23,6	7,9	Ic
Pic épeiche	15	0,26	41,6	11,2	Ic
Grimpereau brachydactyle	10	0,25	5	2,5	Ic
Fauvette grisette	10	0,25	7,5	3,4	I
Bulbul gris	15	0,25	17,5	6	Fi
Coucou gris	20	0,17	40	9,6	I
Geai des Chênes	15	0,12	39,6	8,6	Fi
Pic de Levaillant	10	0,06	17,4	3,9	Ic
Fauvette orphée	5	0,06	2,9	1,1	I
Hypolais polyglotte	10	-	-	-	I
Huppe fasciée	10	-	-	-	I
Traquet oreillard	10	-	-	-	I
Perdrix gambra	10	-	-	-	G
Rollier d'Europe	5	-	-	-	P

I = Insectivore, P = polyphage, G = Granivore, Fi = Frugivore ± insectivore, If = Insectivore ± frugivore, , Fg = frugivore ± granivore, Ic = Insectivore corticole.

Tableau 18.2 - Structure du peuplement en familles, exprimées en richesse (Sf), en densité (Df) et en biomasse consommante (BC f).

Familles	Sf	Df	BC f
Sylviidae	8	33,04	469,2
Paridaee	2	8,12	107,3
Fringillidae	5	6,97	110,6
Troglodytidae	1	4,15	44,8
Picidae	4	4,12	90,3
Laniidae	3	0,63	23
Turdidae	1	1,63	18,6
Muscicapidae	1	0,38	5,3
Columbidae	1	0,33	22
Pycnonotidae	1	0,25	6
Certhiidae	1	0,25	2,5
Cuculidae	1	0,17	9,6
Corvidae	1	0,12	8,6
Upupidae	1	-	-
Phasianidae	1	-	-
Coraciidae	1	-	-

Tableau 18.3 - Paramètres de structure du peuplement :

N	S	a/N	s	T	V	D	H'	H'max	E	BBp	BCp	BB/sp
20	33	0,10	12,35 ± 1,12 α=0,05	37,40	20,60	59,15	3,413	5,044	0,677	2322	918	55,10

Pour la signification des symboles cf. chapitre 2.

L'expression de la structure du peuplement à travers l'indice de Shannon-Weaver H', rend compte du degré de simplicité relative du peuplement. Celui-ci, en dépit d'une richesse nettement supérieure à celle du maquis haut, affiche un indice de diversité peu sensiblement différent : 3,413 contre 3,366 pour le maquis haut.

Du reste, l'équitabilité qu'il réalise avec la diversité maximale, égale à 0,677,témoigne du caractère simplifié et contraignant de ce type de formation, structurellement dominée par les maquis en dépit de la présence d'une strate arborée relativement importante.

1.7. Le peuplement de la chênaie sempervirente à Quercus suber avec sous-bois :

La subéraie à sous-bois échantillonnée, fait partie des milieux forestiers de basse altitude voir de plaine dont la densité de végétation est conditionnée par une importante humidité édaphique. Elle fait partie des milieux forestiers que nous avons qualifié de fermés. Les 20 relevés d'avifaune que nous y avons réalisés, nous ont permis d'y contacter 28 espèces (Tab. 19.1). La valeur du rapport a/N indique une qualité moyenne d'échantillonnage puisqu'il est égal à 0,10. Son importance doit être, cependant, relativisée, car une des espèces de fréquence 1 dans le peuplement est l'Hypolais polyglotte, dont la

présence dans ce milieu est relativement exceptionnelle. Celle-ci a plutôt tendance à se cantonner dans des milieux plus ouverts qui répondent mieux à son comportement territorial (chant sur un perchoir dégagé). La seconde espèce est le Pouillot véloce, dont la faible fréquence est en revanche étonnante, même s'il est, d'une manière générale, peu abondant dans la région.

La distribution d'abondance des espèces illustrée par la figure 13, témoigne d'emblée d'une structure du peuplement qui rompt avec le caractère fortement hiérarchisé de celle des milieux ligneux ouverts et semi-ouverts.

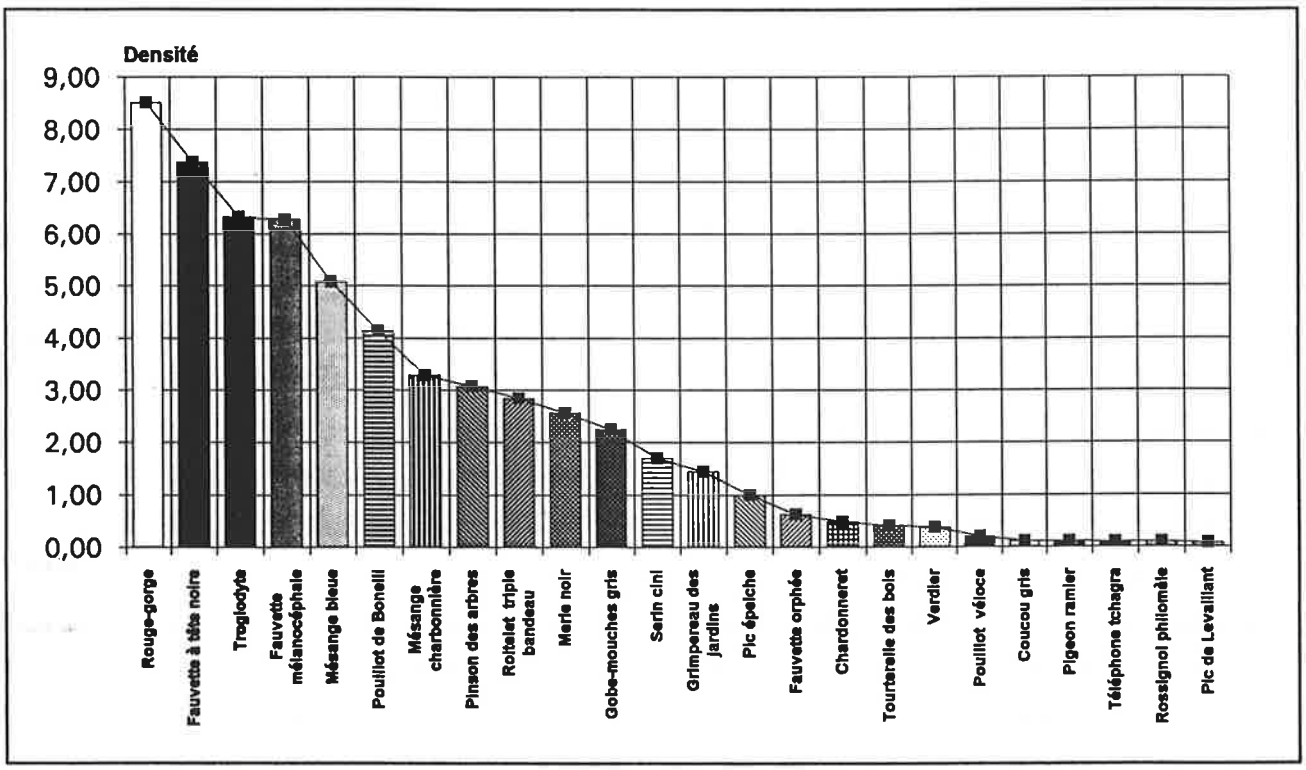


Figure 13 : Distribution d'abondance du peuplement de la subéraie avec sous-bois.

Le redressement de l'allure générale de la courbe des abondances, révèle à l'évidence, à travers un meilleur équilibre des densités des espèces, une diversité et une disponibilité accrue de ressources, que la structure complexe du biotope et les conditions qui ont présidé à sa mise en place (humidité, nature et profondeur du sol...) ont produit.

Nous remarquons néanmoins, qu'il existe une hiérarchie en faveur des espèces inféodées à la strate buissonnante du sous-bois. En effet, les 4 premiers rangs de la distribution d'abondance, sont occupés par le Rouge-gorge, la Fauvette à tête noire, le Troglodyte et la Fauvette mélanocéphale qui n'est plus, par ailleurs à son optimum d'habitat. Cette hiérarchie en faveur de 4 espèces qui représentent 49 % de la densité et 43 % de la biomasse consommante, suggère fortement que ce sont surtout les conditions qui règnent dans le sous-bois qui gouvernent le fonctionnement de ce type de milieu. D'ailleurs, lorsque l'on rajoute le merle noir, espèce liée également au sous-bois, les chiffres précédents passent à 53 % et 56 % pour un peu moins de 18 % des espèces.

Ce n'est qu'au niveau des rangs moyens que se dessine une hiérarchie d'espèces plutôt arboricoles, avec le cortège Mésange bleue, Pouillot de Bonelli, Mésange charbonnière, Pinson des arbres, Roitelet triple-bandeau, Gobe-mouches gris, Serin cini... qui ont tendance à se partager, plutôt les ressources de la strate arborée dans ce type de milieu. En y additionnant les espèces corticoles (Pics-Grimpereau), cette avifaune arboricole représente dans son ensemble, 45 % des densités et seulement 36 % de la biomasse consommante. La différence avec les chiffres qui caractérisent l'avifaune des buissons n'est certes pas très forte, mais elle témoigne du rôle important que tiennent les espèces de la guilde des strates basses (sol-buisson) dans les écosystèmes forestiers de ce type.

Du point de vue des catégories trophiques, si les insectivores représentent encore la majorité des espèces, de la densité et de la biomasse consommante, avec, respectivement, 57 %, 66 % et 44 %, nous notons, en revanche, une importante émergence des polyphages du sol (Merle noir et Rouge-gorge), qui représentent désormais, 31 % de la biomasse consommante. Ce phénomène est surtout lié à l'existence d'une litière relativement épaisse et humide.

Notons par ailleurs, l'augmentation de la biomasse des espèces corticoles, qui est surtout due à la présence du Pic épeiche, qui réalise une densité de 1c/10ha et de celle du Pic de Levaillant, qu'Echecopar et Hue (1964) ne renseignent pourtant jamais présent dans les subéraies !

Notons enfin l'absence du Geai des chênes qui, en dehors de son erratisme hivernal, est une espèce qui fréquente préférentiellement les forêts de moyenne ou haute altitude, durant la période de reproduction et la saison estivale.

La lecture du tableau 19.2 nous révèle que les Sylviidés sont largement dominant du point de vue de la richesse. Ils représentent également 37 % de densités mais plus que 29 % des biomasses consommantes, contre 51 % dans le maquis à strate arborée dense ou encore 53 % dans le maquis à strate arborée claire. Ce fléchissement de leur participation aux biomasses consommantes est consécutif à l'augmentation des Turdidés, qui emportent désormais, 19 % des densités et surtout, 28 % de la biomasse consommante, contre, respectivement, 7 % et 10 % dans le maquis à strate arborée dense.

On assiste donc, incontestablement, avec la subéraie, à une franche modification fonctionnelle du biotope, marquée par la réduction sensible du caractère prépondérant du rôle joué par une seule catégorie d'oiseau, en l'occurrence les fauvettes du genre Sylvia et l'émergence de nouveaux groupes, jusque là marginalisés, représentés pour l'instant par les Turdidés et les Paridés.

Le tableau 19.3. indique une richesse stationnelle moyenne qui se caractérise par une légère augmentation par rapport au milieu précédent et ce, malgré une richesse totale sensiblement plus faible. Ceci traduit une homogénéité plus grande du peuplement, qu'exprime par ailleurs, T dont la valeur est nettement plus élevée. En outre, la valeur de V indique une faible variabilité de la richesse stationnelle traduisant ainsi l'homogénéité de structure du couvert végétal.

Tableau 19.1 - Espèces, fréquences d'occurrences F%, densités spécifiques di, biomasses brutes BBi et consommantes BCi, catégories trophiques du peuplement de la subéraie avec sous-bois.

ESPECES	F%	di c/10 ha	BBi g/10 ha	BCi g0,7/10 ha	Catég. troph.
Rouge-gorge	100	8,50	323	134,3	P
Fauvette à tête noire	100	7,37	250,6	107,6	I
Troglodyte	80	6,32	139	68,3	I
Fauvette mélanocéphale	95	6,27	238,3	99	I
Mésange bleue	90	5,08	111,8	55	I
Pouillot de Bonelli	85	4,13	66	35,5	I
Mésange charbonnière	95	3,28	124,6	51,8	I
Pinson des arbres	85	3,08	135,5	53,6	G
Roitelet triple-bandeau	50	2,85	34,2	20	I
Merle noir	90	2,58	490,2	125	P
Gobe-mouches gris	50	2,25	72	31,5	I
Serin cini	45	1,69	40,6	19,3	G
Grimpereau brachydactyle	60	1,44	28,8	14,4	Ic
Pic épeiche	40	0,99	158,4	42,6	Ic
Fauvette orphée	30	0,63	30,2	11,7	I
Chardonneret	25	0,48	15,4	6,7	G
Tourterelle des bois	45	0,42	126	28	Fg
Verdier	15	0,38	22,8	8,2	G
Pouillot véloce	5	0,21	3,4	1,8	I
Coucou gris	15	0,12	28,3	6,8	I
Pigeon ramier	15	0,11	106,7	16,7	Fg
Téléphone tchagra	10	0,10	9,4	3	If
Rossignol philomèle	10	0,10	4,6	1,8	If
Pic de Levaillant	15	0,08	23,2	5,2	Ic
Linotte passerinette	15	-	-	-	I
Epervier d'Europe	20	-	-	-	C
Hypolaïs polyglotte	5	-	-	-	I
Hypolaïs pâle	15	-	-	-	I

I = Insectivore, P = polyphage, G = Granivore, Ic = Insectivore corticole, Fg = frugivore ± granivore, If = insectivore ± frugivore, C = Carnivore

Tableau 19.2 - Structure du peuplement en familles, exprimées en richesse (Sf), en densité (Df) et en biomasse consommante (BC f).

Familles	Sf	Df	BC f
Sylviidae	9	21,46	275,7
Turdidae	3	11,18	261
Paridaee	2	8,36	106,7
Troglodytidae	1	6,32	68,3
Fringillidae	4	5,63	87,8
Muscicapidae	1	2,25	31,5
Certhiidae	1	1,44	14,4
Picidae	2	1,07	47,8
Columbidae	2	0,53	44,8
Cuculidae	1	0,12	6,8
Laniidae	1	0,10	3
Accipitridae	1	-	-

Tableau 18.3 - Paramètres de structure du peuplement

N	S	a/N	s	T	V	D	H'	H'max	E	BBp	BCp	BB/sp
20	28	0,10	13,10 ± 1,10 α=0,05	46,80	19,20	58,43	3,812	4,807	0,793	2583	948	56,5

Pour la signification des symboles cf. chapitre 2.

L'indice de diversité H', illustre de manière synthétique ce que la courbe de la distribution d'abondance nous avait appris, à savoir que le peuplement se caractérise par une structure qui exprime un degré d'interactions espèces-milieux et espèces-espèces, globalement plus complexe que celui des milieux ligneux précédents. La valeur que prend E, proche de 0,80, montre d'ailleurs, que H' réalise un bon taux d'égalité numérique avec la diversité potentielle maximale H'max., exprimant par là, la réalisation d'un meilleur équilibre des abondances spécifiques et, partant, d'un partage des ressources, plus équilibré.

1.8. Le peuplement de la chênaie sempervirente à Quercus suber sans sous-bois :

En dehors de l'absence quasi totale de sous-bois, la présente subéraie se caractérise par son niveau altitudinal. Subéraie d'altitude, elle se distingue également de la précédente par la taille importante de ses arbres.

L'échantillonnage avifaunistique a permis d'y contacter 27 espèces (Tab. 20.1) :
La valeur du rapport a/N égale à 0,15 (Tab. 20.3), indique un échantillonnage de la richesse totale parmi les moins satisfaisants. Nous pensons effectivement, à ce propos, que la richesse mesurée ne reflète pas exactement les potentialités de ce milieu et que d'autres espèces telles que la Chouette hulotte, la Chouette effraie, la Chouette chevêche ou alors des passereaux comme l'Hypolaïs pâle auraient parfaitement pu y être observés. En tout état de cause, nous pouvons considérer ce biotope comme particulièrement riche, compte-tenu de la valeur de la richesse qu'il réalise en dépit de l'absence d'un sous-bois.

L'examen de la figure 14, nous révèle un peuplement dont la structure est légèrement mieux équilibrée que celle de la subéraie précédente.

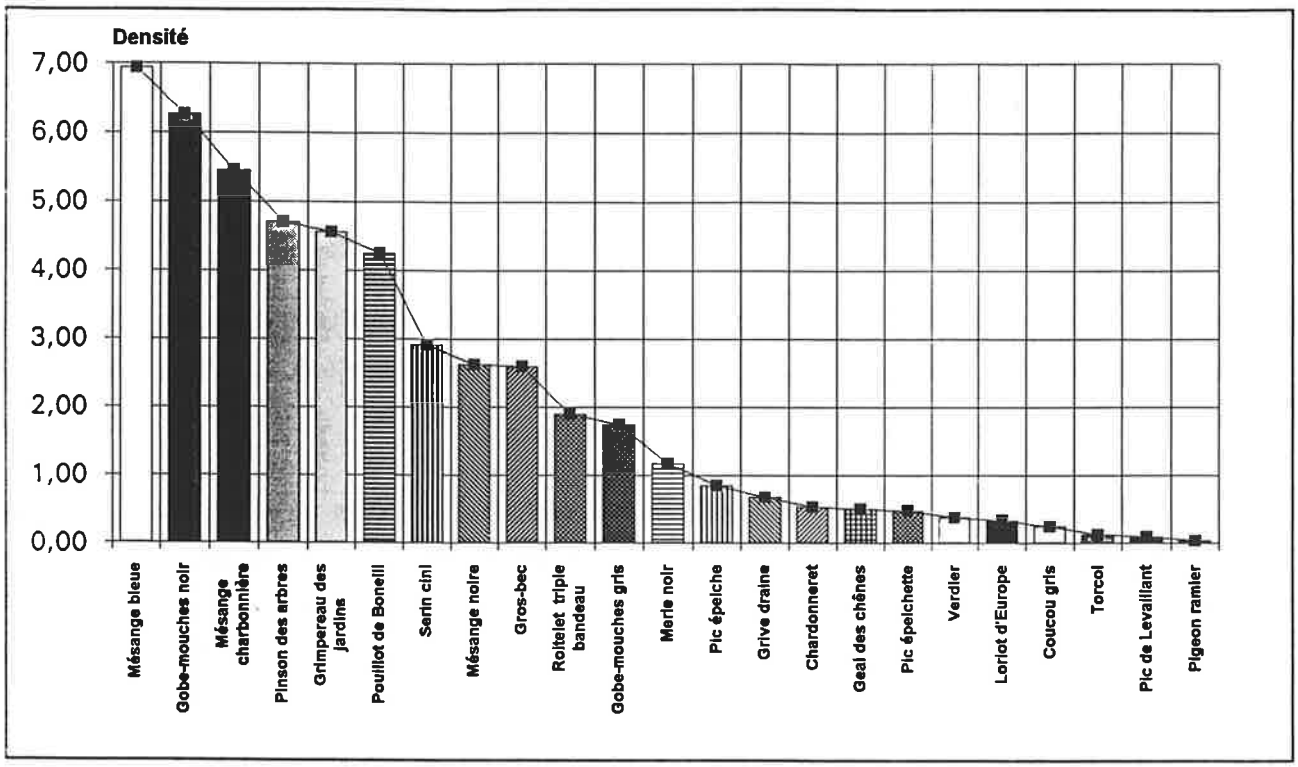


Figure 14 : Distribution d'abondance du peuplement de la subéraie sans sous-bois.

Ce phénomène parait lié à la relative homogénéisation des densités des espèces de rang 3 à 6 et à une plus faible hiérarchisation des rangs suivants. Par ailleurs, nous observons, ce qui était prévisible, compte-tenu de l'absence de sous-bois, que les 11 premiers rangs sont occupés par des espèces de la strate arborée, dont la Mésange bleue, le Gobe-mouches noir et la mésange charbonnière constituent les espèces les plus abondantes. Ce n'est qu'au 12ème et 14ème rang, qu'apparaissent les espèces liées aux strates basses, telle que le Merle noir et la grive draine qui trouvent dans le sol des ressources animales (larves - annélides) assez abondantes.

La présence de nombreuses espèces cavernicoles Pic épeichette, Pic épeiche, Pic de Levaillant, Torcol, Huppe fasciée dont la fréquence est étonnamment élevée, Mésanges et Gobe-mouches noir, traduit parfaitement le caractère mûr de la subéraie d'altitude, dont une des caractéristiques, est la grande quantité d'arbres morts sur pied et un encombrement nul des strates basses. Du reste, les 3 premières espèces par ordre d'abondance, sont des cavernicoles, dont la présence illustre bien la nature du biotope. Notons en outre, et pour la première fois, la présence du Loriot d'Europe, du Moineau soulcie, de la Grive draine, du Gobe-mouches noir, et de la Mésange noire qui semblent répondre à un effet "altitude" dans la mesure où ces espèces ne sont jamais observées en plaine, sauf pour le Loriot que l'on observe parfois dans des ripisylves.

La répartition des espèces en catégories trophiques (Tab. 20.1.), dévoile une augmentation de la participation fonctionnelle des frugivores qui passent de 9 % de la biomasse consommante dans la subéraie à sous-bois, à 21 % dans le présent milieu.

Cette augmentation est surtout due à la présence du Gros-bec, dont le régime alimentaire est, curieusement, à base de gland plutôt que de graines, lesquelles sont consommées accessoirement (obs. pers.). Notons également le renforcement de la présence des insectivores corticoles qui connaissent une amélioration tant qualitative par la venue du Pic épeichette, que quantitative, puisqu'ils représentent, dans ce milieu, 12 % des densités et 13 % de la biomasse, contre 4 % et 8 % dans la subéraie de plaine.
Notons enfin, que les insectivores (autre que corticoles) ne représentent plus guère que 35 % de la biomasse consommante ; ce qui, tout de même du point de vue fonctionnel, constitue une certaine dominance.

L'analyse sous l'angle des familles (Tab.20-2), illustre parfaitement l'effet de la disparition du sous-bois, à travers la part que prennent les Sylviidés dans le peuplement. Ceux-ci, ne sont, en effet, plus représentés que par 2 espèces, le Pouillot de Bonelli et le Roitelet triple bandeau et ne totalisent qu'un peu plus de 12 % des densités et à peine 6 % de la biomasse consommante, contre 9 espèces dans la subéraie à sous-bois, 37 % des densités et 29 % de la biomasse consommante.
En outre, et pour rejoindre l'analyse faite du point de vue des catégories trophiques, le caractère mûr de la strate arborée, est incontestablement à l'origine du nombre de Picidés qui atteignent dans ce milieu, avec 4 espèces, leur plus grande richesse.

La subéraie d'altitude se distingue également par rapport à son homologue de plaine, par la place prépondérante qu'occupent les espèces arboricoles, Fringillidés, Paridés, par celle, renforcée des espèces corticoles, et enfin, par la présence d'espèces, dont la répartition, dans la région, a un déterminisme altitudinal (Gobe-mouches noir, Mésange noire et Grive draine).

Tableau 20.1 - Espèces, fréquences d'occurrences F%, densités spécifiques di, biomasses brutes BBI et consommantes BCi, catégories trophiques du peuplement de la subéraie sans sous-bois.

ESPECES	F%	di c/10 ha	BBi g/10 ha	BCi g0,7/10 ha	Catég. troph.
Mésange bleue	95	6,94	153	75	I
Gobe-mouches noir	95	6,26	150,2	71,4	I
Mésange charbonnière	100	5,46	207,5	86,3	I
Pinson des arbres	100	4,70	206,8	81,8	G
Grimpereau brachydactyle	100	4,56	91,2	45,6	Ic
Pouillot de Bonelli	80	4,25	68	36,6	I
Serin cini	55	2,91	69,8	33,2	G
Mésange noire	45	2,62	47,2	24,6	I
Gros-bec	60	2,60	270,4	82,7	Fg
Roitelet triple-bandeau	30	1,90	22,8	13,3	I
Gobe-mouches gris	30	1,75	56	24,5	I
Merle noir	65	1,17	222,3	56,6	P
Pic épeiche	40	0,85	136	36,6	Ic
Grive draine	55	0,68	170	40	P
Chardonneret	20	0,53	17	7,4	G
Geai des chênes	50	0,50	165	35,7	Fi
Pic épeichette	25	0,47	18,8	7,6	Ic
Verdier	10	0,38	22,8	8,2	G
Loriot d'Europe	20	0,33	47,5	13,2	If
Coucou gris	30	0,25	59	14,1	I
Torcol	10	0,13	9,9	3,3	Ic
Pic de Levaillant	20	0,10	29	6,5	Ic
Pigeon ramier	5	0,04	38,8	6,1	Fg
Huppe fasciée	50	-	-	-	I
Moineau soulcie	45	-	-	-	G
Hibou petit-duc	5	-	-	-	C
Epervier d'Europe	5	-	-	-	C

I = Insectivore, P = polyphage, G = Granivore, Fi = Frugivore ± insectivore, If = Insectivore ± frugivore, , Fg = frugivore ± granivore, Ic = Insectivore corticole, C = Carnivore

Tableau 20.2 - Structure du peuplement en familles, exprimées en richesse (Sf), en densité (Df) et en biomasse consommante (BC f).

Familles	Sf	Df	BC f
Paridae	3	15,02	186
Fringillidae	5	11,12	213,3
Muscicapidae	2	8,01	96
Sylviidae	2	6,15	50
Certhiidae	1	4,56	45,6
Turdidae	2	1,85	97
Picidae	4	1,55	54
Corvidae	1	0,50	35,7
Oriolidae	1	0,33	13,2
Cuculidae	1	0,25	14,1
Columbidae	1	0,04	6,1
Upupidae	1	-	-
Ploceidae	1	-	-
Strigidae	1	-	-
Accipitridae	1	-	-

Tableau 20.3 - Paramètres de structure du peuplement :

N	S	a/N	s	T	V	D	H'	H'max	E	BBp	BCp	BB/sp
20	27	0,15	12,45 ± 1,16 α=0,05	46,10	21,30	49,37	3,816	4,755	0,803	2279	810	70,40

Pour la signification des symboles cf. chapitre 2.

La richesse moyenne de la subéraie sans sous-bois se caractérise par une valeur légèrement inférieure à celle de la subéraie de plaine. D'une manière générale, tous les paramètres qui caractérisent le peuplement de ce milieu, affichent des valeurs inférieures à celle du peuplement précédent : (densité, biomasses brutes et consommantes...). Ce phénomène ne peut être lié qu'à l'absence du cortège des espèces inféodées à la strate buissonnante et qui devrait, normalement, compter au moins 4 espèces : le Rouge-gorge, le Troglodyte, la Fauvette à tête noire et la Fauvette orphée.

Les autres espèces, Fauvette mélanocéphale, Fauvette pitchou, Rossignol philomèle étant trop thermophiles pour s'installer à une telle altitude.

Par ailleurs, les oscillations de la richesse stationnelle, mesurées par V, semblent un peu plus importantes (V = 21,30), que dans le milieu précédent (V = 19,20). Cette augmentation de la valeur de "V", atteste d'une répartition un peu moins uniforme des espèces dans le milieu. Ceci est parfaitement compréhensible si l'on tient compte du nombre des espèces à grand territoire (Pigeon ramier, Pic de Levaillant, Huppe fasciée, Grive draine, Hibou petit-duc, Coucou gris), plus important dans ce milieu, donc moins soumis à des contacts réguliers que les espèces de plus petite taille, à

territoire restreint. Nous remarquons à cet égard, que la biomasse spécifique moyenne, BB/sp. (Tab 20.3) est plus importante dans la subéraie sans sous-bois que dans celle à sous-bois.
La valeur de T exprime, cependant, un degré d'homogénéité globale du peuplement, comparable à celui du milieu précédent.

Sur un plan structurel, l'indice de diversité H' affiche une valeur légèrement supérieure à celle de la subéraie précédente ; ceci témoigne d'un ajustement un peu plus complexe, des espèces, les unes par rapport aux autres et de la réalisation d'une distribution d'abondance plus équilibrée, compte-tenu de la valeur de E, plus élevée.

1.9. Le peuplement de la Chênaie caducifoliée à Quercus faginea :

La zénaie que nous avons considérée comme le terme de la succession du Chêne-liège, est une formation caducifoliée d'altitude, contigüe à la subéraie sans sous-bois et à une altitude supérieure à cette dernière.
Les 20 relevés d'avifaune réalisés nous ont permis d'y contacter 29 espèces (Tableau 29.1). La valeur du rapport a/N suggère une qualité d'échantillonnage satisfaisante puisqu'elle est égale à 0,05 (Tableau 29.3).
Du reste, la richesse de ce milieu ne doit probablement pas, dépasser 31 espèces, puisqu'à l'occasion de nombreuses visites ultérieures, nous n'y avons observé que la Chouette effraie et la Chouette chevêche, comme espèces supplémentaires.

La distribution d'abondance des espèces, illustrée par la figure 15, révèle une hiérarchie selon un schéma particulier. On observe en effet, une hiérarchie par couple ou par groupe d'espèces, plutôt que par espèces les unes par rapport aux autres.

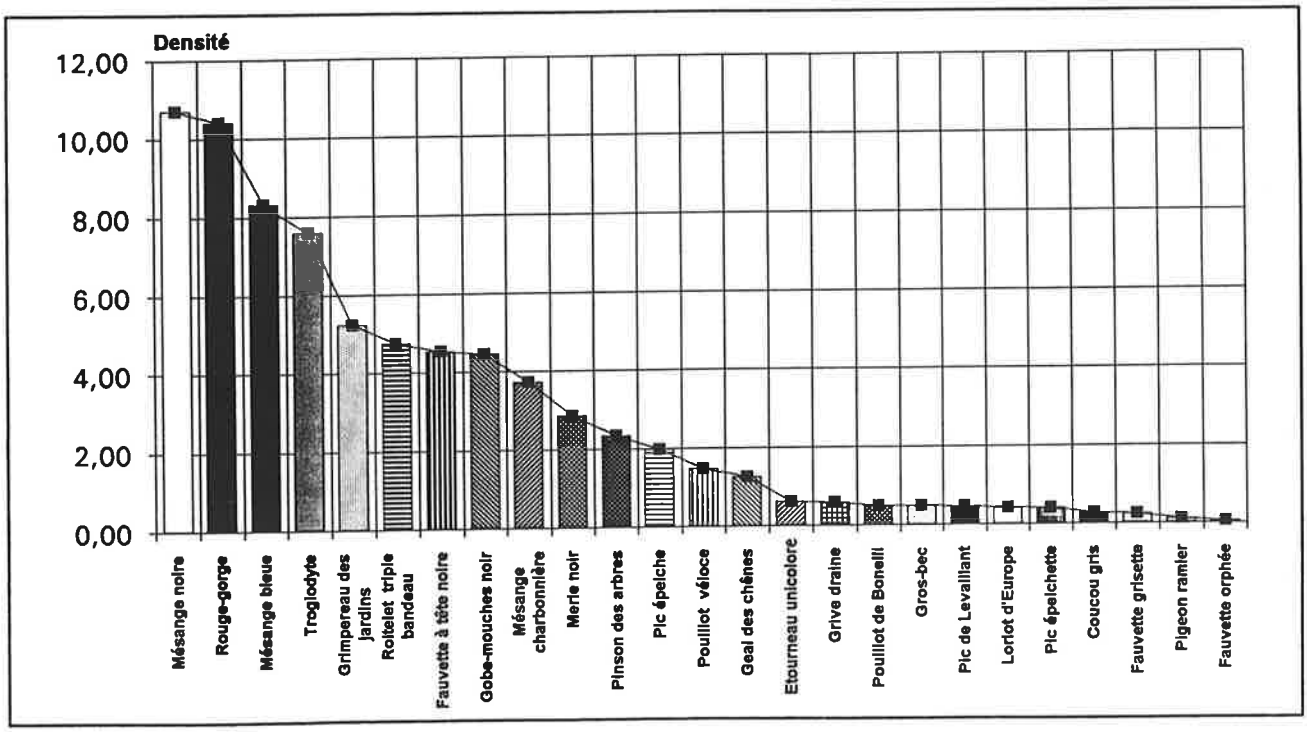


Figure 15 : Distribution d'abondance du peuplement de la zénaie.

Un quasi-équilibre des abondances dans les premiers rangs concerne d'une part la Mésange noire et le Rouge-gorge, puis la Mésange bleue et le Troglodyte. Vient enfin, un groupe formé des espèces de rang 5 à 8 dont les abondances sont sensiblement les mêmes et qui précèdent, d'autre part, un dernier groupe à la hiérarchie plus marquée. Le schéma d'ensemble de cette distribution d'abondance se rapproche de celle du milieu précédent avec, cependant, une légère tendance au déséquilibre, au niveau des rangs inférieurs (19ème et suivants).

L'aspect le plus intéressant de cette distribution d'abondance, réside dans l'alternance d'espèces dont les strates (dans le sens arborée, buissonnante, herbacée) préférentiellement exploitées sont différentes. Nous remarquons, en effet, qu'il n'existe pas, au niveau des premiers rangs de la distribution, une dominance d'espèces d'une strate particulière : arborée, comme dans la subéraie sans sous-bois, buissonnante, comme dans la subéraie avec sous-bois.
Bien au contraire, si une espèce de la strate arborée, en l'occurrence la Mésange noire, tient le premier rang de la distribution, elle est suivie du rouge-gorge qui est une espèce plutôt humicole. Le 3^{e} rang est occupé par le Grimpereau et le Roitelet triple-bandeau, le 7^{e} l'étant par la Fauvette à tête noire et ainsi de suite.

Cette alternance des rangs entre espèces de strates hautes et espèces de strates basses, suggère un partage de l'univers écologique selon des modalités plus complexes à travers une exploitation équilibrée de l'ensemble des strates de la formation. Ce phénomène suggère également que le biotope se caractérise, bien sûr, par une plus grande diversité et quantité de ressources, mais surtout, par une meilleure répartition de ces ressources entre les strates de végétation. Il est, dans ces conditions, particulièrement tentant de lier ce phénomène au caractère caducifolié de la formation végétale ; dont la productivité primaire est nettement plus importante que celle des forêts sempervirentes sclérophylles et dont les ressources végétales et animales sont caractérisées par une plus grande diversité et une plus grande disponibilité.

Le caractère mûr de la zénaie, est en outre, mis en évidence par la présence de nombreuses espèces à grand territoire (Chouette hulotte, Epervier, Grand corbeau...) mais également par l'abondance des pics, dont le pic épeiche réalise à lui seul, près de 70% des effectifs avec une densité record de presque 2 c/10ha.

Par ailleurs, nous notons que, paradoxalement, des espèces comme la mésange charbonnière, le Pinson des arbres ou encore le Pouillot véloce, n'occupent respectivement que le 9ème, 11ème et 13ème rang des abondances, contrairement à ce que l'on observe dans des milieux homogues en Europe, où ils figurent parmi les espèces des 3ème et 4ème rang ; comme dans la chênaie de chêne pubescent du Ventoux (Blondel, 1969 b), ou la chênaie de Chêne pédonculé de Bourgogne (Ferry et Frochot, 1970), ou même en Afrique du nord dans une zénaie au Maroc (Thévenot, 1979).

Tableau 21.1 - Espèces, fréquences d'occurrences F%, densités spécifiques di, biomasses brutes BBi et consommantes BCi, catégories trophiques du peuplement de la zénaie.

ESPECES	F%	di c/10 ha	BBi g/10 ha	BCi g0,7/10 ha	Catég. troph.
Mésange noire	100	10,71	192,8	100,7	I
Rouge-gorge	100	10,40	395	164,3	P
Mésange bleue	100	8,31	182,8	89,7	I
Troglodyte	100	7,60	167,2	82,1	I
Grimpereau brachydactyle	100	5,25	105	52,5	Ic
Roitelet triple-bandeau	65	4,75	57	33,3	I
Fauvette à tête noire	90	4,55	154,7	66,4	I
Gobe-mouches noir	85	4,47	107,3	51	I
Mésange charbonnière	90	3,73	141,7	59	I
Merle noir	100	2,86	543,4	138,4	P
Pinson des arbres	90	2,33	102,5	40,5	G
Pic épeiche	80	1,97	315,2	84,7	Ic
Pouillot véloce	25	1,49	23,8	12,8	I
Geai des Chênes	95	1,27	419,1	90,7	Fg
Etouneau unicolor	10	0,62	102,9	27,3	P
Grive draine	50	0,60	150	35,3	P
Gros bec	20	0,50	52	16	Fg
Pouillot de Bonelli	15	0,50	8	4,3	I
Pic de Levaillant	80	0,48	139,2	31,3	Ic
Loriot d'Europe	30	0,43	62	17,2	If
Pic épeichette	20	0,42	16,8	6,8	Ic
Coucou gris	30	0,29	68,4	16,4	I
Fauvette grisette	10	0,25	7,5	3,4	I
Pigeon ramier	20	0,12	116,4	18,2	Fg
Fauvette orphée	5	0,06	2,9	1,1	I
Perdrix gambra	10	-	-	-	G
Epervier d'Europe	15	-	-	-	C
Grand corbeau	10	-	-	-	C
Chouette hulotte	10	-	-	-	C

I = Insectivore, P = polyphage, G = Granivore, If = Insectivore ± frugivore, , Fg = frugivore ± granivore, Ic = Insectivore corticole, C = Carnivore.

Tableau 21.2 - Structure du peuplement en familles, exprimées en richesse (Sf), en densité (Df) et en biomasse consommante (BC f).

Familles	Sf	Df	BC f
Paridaee	3	22,75	249,3
Turdidae	3	13,86	338
Sylviidae	6	11,60	121,3
Troglodytidae	1	7,60	82,1
Certhiidae	1	5,25	52,5
Muscicapidae	1	4,47	51
Picidae	3	2,87	122,8
Fringillidae	2	2,83	56,4
Corvidae	2	1,27	90,7
Sturnidae	1	0,62	27,3
Oriolidae	1	0,43	17,2
Cuculidae	1	0,29	16,4
Columbidae	1	0,12	18,2
Phasianidae	1	-	-
Accipitridae	1	-	-
Strigidae	1	-	-

Tableau 21.3 - Paramètres de structure du peuplement :

N	S	a/N	s	T	V	D	H'	H'max	E	BBp	BCp	BB/sp
20	29	0,05	15,50 ± 1,00 α=0,05	53,40	14,70	73,97	3,848	4,858	0,792	3634	1243	130

Pour la signification des symboles cf. chapitre 2.

Comme nous l'avions mentionné précédemment, le Pouillot véloce est peu abondant. Et si sa présence, dans un milieu illustre bien ses exigences en matière d'habitat, son abondance y est, en revanche, étroitement liée à sa relative rareté dans la région. Par contre, la Mésange charbonnière est une espèce qui affectionne surtout les subéraies. Il semble que cette préférence soit liée à la compétition qui l'oppose à la Mésange bleue pour les sites de nidification. En effet, dans les subéraies, les cavités de grande taille, que la Mésange bleue répugne généralement à occuper, sont plus nombreuses que dans la zénaie et sont donc plus facilement disponibles pour la charbonnière. De plus, il est possible que, dans la zénaie, la compétition exercée par la Mésange bleue pour les sites de nidification, soit renforcée par celle du Gobe-mouches noir et explique la relative faiblesse des abondances de la Mésange charbonnière.

Le pinson des arbres est une espèce qui réalise également son maximum d'abondance dans les chênaies sempervirentes. D'une manière générale, peu de Fringillidés pénètrent dans la zénaie, affichant ainsi un comportement thermophile marqué.

L'examen de la répartition des catégories trophiques (Tab. 21.1), nous indique que si la part des insectivores reste relativement constante par rapport à la subéraie d'altitude et cela, tant en richesse qu'en densité et en biomasse consommante, nous notons par contre, une réduction du rôle des granivores, mais une spectaculaire augmentation de celui des polyphages qui passent de 4% des densités dans le milieu précédent, à 19 % dans la zénaie et de 17 % des biomasses consommantes à 33%.
Cette place importante que tiennent les polyphages du sol, représentés par les Turdidés, est déterminée par les conditions d'humidité qui règnent dans ce milieu, la nature du sol, l'épaisseur et la qualité de la litière qui héberge une faune abondante et variée qu'exploitent activement Merle, Grive et Rouge-gorge mais également Geai et Pic de Levaillant.

Du point de vue des familles, notons que les Sylviidés constituent le groupe le plus riche, phénomène quasi général dans tous les milieux ligneux, mais n'occupent plus que le 3ème rang des densités et le 4ème rang des biomasses consommantes.
En revanche, ce sont les Paridés qui occupent le 1er rang des densités mais le second des biomasses consommantes, précédés en cela, par les Turdidés.
Notons enfin la présence de l'unique espèce de Sturnidés, l'Etourneau unicolore, qui recherche pour ses sites de nidification, des milieux caducifoliés certes, mais pas nécessairement d'altitude, puisqu'on l'observe abondamment dans les ripisylves et les aulnaies, à basse altitude.

La lecture du tableau 21.3 nous indique que la richesse stationnelle moyenne de la zénaie, avec 15,50 espèces par station, est la plus forte du secteur écologique échantillonné. Ce record s'accompagne d'ailleurs, de celui de la densité totale du peuplement avec près de 74 c/10ha. La zénaie constitue, en effet, dans la région un des milieux, sinon le milieu où le peuplement avien est le plus abondant ; avec probablement les ripisylves. Cette richesse stationnelle moyenne reste très homogène puisque V prend ici sa plus faible valeur. On remarque, d'ailleurs, au tableau 21.1. que de nombreuses espèces ont une fréquence élevée, la fréquence moyenne étant de 50,5 %, ceci entraîne une régularité des contacts qui se traduit nécessairement par une certaine redondance du nombre d'espèces contactées à chaque relevé. Par ailleurs, la valeur de T, qui est également la plus élevée des milieux échantillonnés, révèle un écart de la richesse moyenne à la richesse totale, relativement réduit traduisant ainsi le caractère globalement homogène du peuplement.

D'un point de vue structurel, l'indice de diversité de Shannon H' affiche là aussi la valeur la plus élevée et traduit le caractère diversifié et complexe d'un milieu, à travers l'organisation d'un peuplement avien qui se caractérise d'une part, par un nombre important d'espèces et par une distribution des abondances qui reflète la réalisation équilibrée de nombreuses niches écologiques, d'autre part.
Remarquons néanmoins, que la valeur de l'équitabilité E proche de 0,80, est cependant inférieure à celle que l'on observe dans le milieu précédent, probablement en raison du plus grand nombre d'espèces rares dans la zénaie.

1.10. Le peuplement de la pineraie à Pinus pinaster :

Les forêts de Pin maritime sont des formations d'origine anthropique qui ont été implantées, dans la région, sur les massifs dunaires, originellement couverts d'un maquis à lentisque et Chêne kermès. L'échantillonnage avifaunistique que nous y avons réalisé nous a permis d'y contacter, au bout de 20 relevés, 26 espèces d'oiseaux. La richesse de ce milieu semble sous échantillonnée eu égard à la valeur du rapport a/N égale à 0,15. En effet, 3 espèces, la Linotte, le Grimpereau et la Fauvette passerinette n'ont été contactées qu'une fois au cours de l'échantillonnage. S'il n'y a rien d'étonnant en cela, pour ce qui concerne le Grimpereau, dans la mesure où le fort encombrement des branches non élaguées lui interdit l'accès aux troncs, la rareté de la Linotte et de la Fauvette passerinette est, en revanche, quelque peu surprenante compte-tenu de l'abondance des autres Fringillidés et de la structure dense du sous-bois, particulièrement favorable à la Fauvette.

La courbe des distributions d'abondance de la figure 16, révèle une hiérarchisation relative du peuplement.

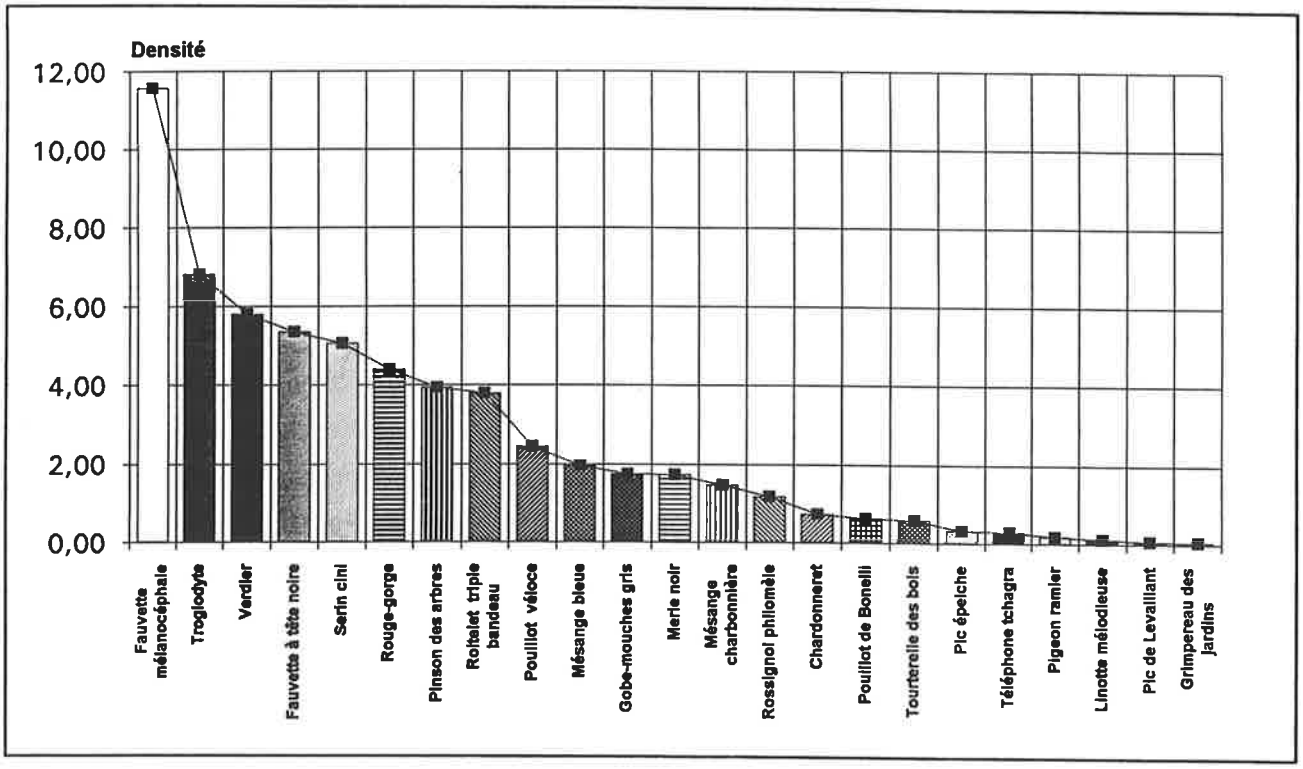


Figure 16 : Distribution d'abondance du peuplement de la pineraie

Celui-ci est caractérisé par la dominance numérique de la Fauvette mélanocéphale, qui manifeste une forte implantation dans le sous-bois, dont on sait qu'il constituait initialement un maquis et dont la composition floristique a peu ou pas changé. Se dessine ensuite, un cortège d'espèces dont la hiérarchie est faiblement marquée et dans lequel nous observons le même phénomène qui se produit dans la zénaie, c'est-à-dire une alternance de rang entre des espèces qui exploitent les strates basses et d'autres qui exploitent la strate arborée. En outre, la pineraie est caractérisée par le fait que, parmi ces dernières, les plus abondantes appartiennent à la famille des Fringillidés.

Nous observons, en effet, que le Verdier, le Serin cini et le Pinson des arbres, alternent en abondance, avec le Troglodyte, la Fauvette à tête noire et le Rouge-gorge. L'importance prise par les Fringillidés est à mettre en rapport avec la ressemblance de ce milieu avec ceux qu'exploitaient originellement ces espèces ; c'est-à-dire les forêts claires de conifères et les steppes boisées de basse et moyenne altitude qui se localisent au sud des massifs forestiers eurasiers et en région méditerranéenne (Newton, 1972 cité par Blondel, 1984).

Si nous nous référons aux catégories trophiques, nous remarquons que le peuplement est dominé par 2 principales catégories de régime alimentaire. Les insectivores, qui représentent 50 % des espèces, 62 % des densités et 41 % de la biomasse consommante d'une part, et, d'autre part, les granivores qui représentent 23 % des espèces, 26 % des densités et 25 % de la biomasse consommante ; les frugivores et les polyphages constituant le reste.

Tableau 22.1 - Espèces, fréquences d'occurrences F%, densités spécifiques di, biomasses brutes BBi et consommantes BCi, catégories trophiques du peuplement de pineraie à Pinus pinaster.

ESPECES	F%	di c/10 ha	BBi g/10 ha	BCi g0,7/10 ha	Catég. troph.
Fauvette mélanocéphale	100	11,56	439,3	182,6	I
Troglodyte	90	6,81	149,8	73,5	I
Verdier	95	5,81	348,6	125,5	G
Fauvette à tête noire	95	5,35	182	78	I
Serin cini	90	5,06	121,4	57,7	G
Rouge-gorge	80	4,40	167,2	69,5	P
Pinson des arbres	100	3,95	173,8	68,7	G
Roitelet triple-bandeau	55	3,80	45,6	26,6	I
Pouillot véloce	55	2,44	39	21	I
Mésange bleue	50	1,96	43	21,2	I
Gobe-mouches gris	35	1,75	56	24,5	I
Merle noir	85	1,73	328,7	83,7	P
Mésange charbonnière	50	1,48	56,2	23,4	I
Rossignol philomèle	85	1,18	54,3	21,2	If
Chardonneret	40	0,74	23,7	10,4	G
Pouillot de Bonelli	20	0,63	10	5,4	I
Tourterelle des bois	50	0,60	180	40	Fg
Pic épeiche	20	0,33	52,8	14,2	Ic
Téléphone tchagra	30	0,30	28,2	8,9	If
Pigeon ramier	25	0,18	174,6	27,3	Fg
Linotte mélodieuse	5	0,13	4,7	2	G
Pic de Levaillant	15	0,08	23,2	5,2	Ic
Grimpereau brachydactyle	5	0,06	1,2	0,6	Ic
Huppe fasciée	15	-	-	-	I
Bec-croisé des sapins	10	-	-	-	G
Fauvette passerinette	5	-	-	-	I

I = Insectivore, P = Polyphage, G = Granivore, If = Insectivore ± frugivore, Fg = frugivore ± granivore, Ic = Insectivore corticole.

Tableau 22.2 - Structure du peuplement en familles, exprimées en richesse (Sf), en densité (Df) et en biomasse consommante (BC f).

Familles	Sf	Df	BC f
Sylviidae	6	23,78	314
Fringillidae	6	15,69	264
Turdidae	3	7,31	174
Troglodytidae	1	6,81	74
Paridae	2	3,44	45
Muscicapidae	1	1,75	25
Columbidae	2	0,78	67
Picidae	2	0,41	19
Laniidae	1	0,30	9
Certhiidae	1	0,06	0,6
Upupidae	1	-	-

Tableau 22.3 - Paramètres de structure du peuplement

N	S	a/N	s	T	V	D	H'	H'max	E	BBp	BCp	BB/sp
20	26	0,15	13,05 ± 0,94 α=0,05	50,20	16,40	60,32	3,775	4,700	0,803	2703	1243	55,09

Pour la signification des symboles cf. chapitre 2.

Nous pouvons, au vu de ces résultats, caractériser ainsi la pineraie à Pin maritime comme un milieu dont le fonctionnement, d'un point de vue avien, est surtout gouverné par 2 types de ressources.
L'une animale, à base d'invertébrés arthropodes qui conditionne une présence majoritaire d'insectivore, phénomène auquel nous sommes désormais familiers dans la région, et l'autre, à base de propagules dont les Pins produisent une quantité importante et qui génère en quelque sorte une certaine spécificité du peuplement de ce milieu, par la place importante qu'il accorde à une certaine catégorie d'oiseaux, en l'occurrence les Fringillidés.

En se référant au tableau 22.2, on constate d'ailleurs que les Fringillidés occupent le 2ème rang des abondances et des biomasses consommantes après les Sylviidés.
Le caractère touffu du sous-bois est vraisemblablement à l'origine de la place qu'occupent les Turdidés (Merle, Rouge-gorge, Rossignol), au 3ème rang des biomasses consommantes.

Notons par ailleurs, la faible participation des espèces corticoles, dont la rareté est essentiellement due à l'encombrement des troncs, dont nous avons vu qu'ils n'étaient pas élagués, puisque des pinèdes, certes plus vieilles, mais dont les troncs sont accessibles sont régulièrement fréquentées par les 3 espèces de Pics et le Grimpereau. Notons également, la présence du Bec-croisé des sapins qui est moins fréquent dans ce milieu que dans les pineraies naturelles de Pin d'Alep, dont quelques dizaines d'hectares subsistent encore dans la région.

La richesse stationnelle moyenne (Tab. 22.3) de ce milieu est pratiquement égale à celle de la subéraie avec sous-bois. Elle se caractérise néanmoins par une variation de moindre amplitude eu égard à la valeur de V, nettement plus faible, et qui traduit en cela, une plus grande homogénéité de la répartition de l'avifaune.
Ce phénomène est compréhensible à partir du moment où l'on tient compte de la physionomie du milieu. En effet, la pineraie échantillonnée est une forêt artificielle dont les arbres forment un peuplement équienne à alignement quasi géométrique. Il est très vraisemblable dans ces conditions, que cette structure monotone soit à l'origine de la faible variation de la richesse d'une station à l'autre.

Par ailleurs, la valeur de T, plus élevée que celle observée dans la subéraie de plaine, traduit également une homogénéité globale du peuplement, supérieure.

Du point de vue structurel, la valeur de l'indice de diversité H', est légèrement inférieure à celle de la subéraie à sous-bois, effet dû à la différence de richesse.
On remarque , cependant, que l'équitabilité E y est un peu plus élevée, traduisant la réalisation d'un meilleur équilibre des abondances au sein du peuplement.

1.11. Le peuplement de l'Eucalytaie à Eucalyptus globulus et Eucalyptus camaldulensis :

L'eucalyptaie constitue le second milieu non naturel de la région. Implantée sur plusieurs sites, elle couvre une partie des collines basses dont la couverture végétale originelle était constituée de maquis à lentisque et de subéraie très dégradée. Les 20 relevés d'avifaune que nous y avons réalisés ont permis de contacter 22 espèces avec une qualité d'échantillonnage satisfaisante, compte-tenu de la valeur du rapport a/N (Tab. 23.3).
Ce qui frappe d'emblée dans ce milieu, c'est sa pauvreté d'une part en espèces, et le faible niveau, d'autre part, des abondances. L'ambiance sonore y est d'ailleurs très faible ; ce qui ne laisse pas d'étonner dans un milieu dont l'E.V.V. est aussi important que celui de la zénaie.

La lecture du tableau 23.1. révèle que la composition du peuplement correspond cependant, à celle, typique, d'un milieu forestier fermé, avec son cortège d'espèces de la strate arborée : Mésange charbonnière, Serin cini, Pinson des arbres, Chardonneret, Gros-bec, Mésange bleue - ainsi que celui des espèces corticoles : - Pic épeiche, Grimpereau, Pic de Levaillant - et enfin la présence d'au moins un rapace : l'Epervier d'Europe.

L'examen de la figure 17, révèle en outre, une distribution d'abondance caractéristique d'un milieu complexe, avec un peuplement dont les espèces réalisent avec un certain équilibre, un nombre relativement élevé de niches.

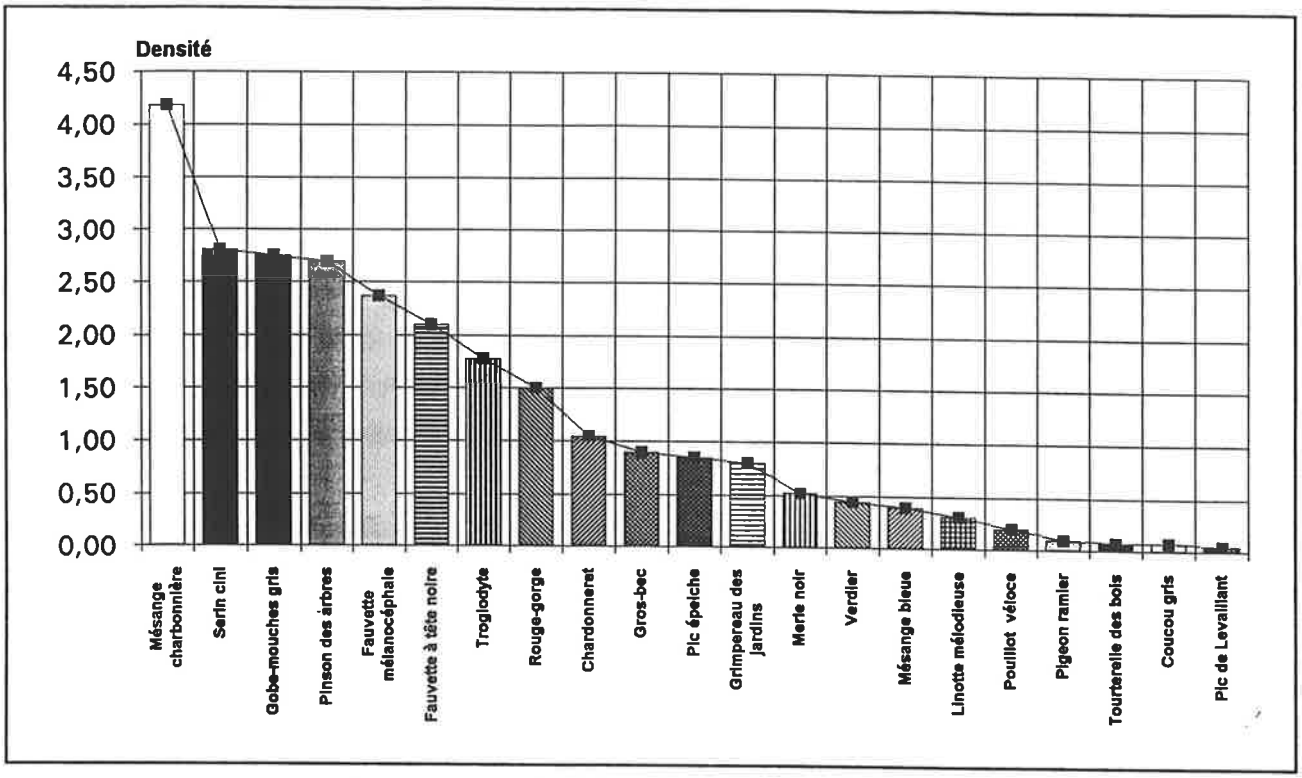


Figure 17 : Distribution d'abondance du peuplement de l'eucalyptaie.

C'est le seul biotope, comptant un sous-bois, où les 4 premiers rangs des abondances sont occupés par des espèces de la strate arborée. C'est également le seul où la Mésange charbonnière y tient le premier rang des abondances. celle-ci y a d'ailleurs, adopté la curieuse habitude, de nicher entre les écorces desquamantes et le tronc des arbres, occupant ainsi une niche, qu'elle semble être seule à exploiter.

Le faible niveau des densités de ce milieu, nous semble probablement tenir à sa faible productivité en proie invertébrée. L'eucalyptus est, en effet, une essence dont la litière acidifie fortement le sol, avec une tendance à éliminer peu à peu, toute strate mucinale et herbacée, support d'un peuplement d'insectes important. De plus, sa concentration en alcaloïdes et en essences, dont les effets répulsifs vis à vis des insectes sont notoires, semble réduire à un très faible niveau l'abondance et la richesse de l'entomofaune qui l'exploite (mis à part les attaques de Phoracanta, un coléoptère parasite, dont il fait épisodiquement l'objet).

Tableau 23.1 - Espèces, fréquences d'occurrences F%, densités spécifiques di, biomasses brutes BBi et consommantes BCi, catégories trophiques du peuplement de l'eucalyptaie.

ESPECES	F%	di c/10 ha	BBi g/10 ha	BCi g0,7/10 ha	Catég. troph.
Mésange charbonnière	95	4,18	159	66	I
Serin cini	65	2,81	67,4	32	G
Gobe-mouches gris	60	2,75	88	38,5	I
Pinson des arbres	95	2,69	118,4	46,8	G
Fauvette mélanocéphale	40	2,37	90,1	37,4	I
Fauvette à tête noire	50	2,10	71,4	30,7	I
Troglodyte	45	1,78	39,2	19,2	I
Rouge-gorge	35	1,50	57	23,7	P
Chardonneret	55	1,05	33,6	14,7	G
Gros-bec	20	0,90	93,6	28,6	Fg
Pic épeiche	45	0,85	136	36,6	Ic
Grimpereau brachydactyle	40	0,81	16,2	8,1	Ic
Merle noir	45	0,52	98,8	25,2	P
Verdier	25	0,44	26,4	9,5	G
Mésange bleue	15	0,39	8,6	4,2	I
Linotte mélodieuse	15	0,31	11,2	4,7	G
Pouillot véloce	10	0,21	3,4	1,8	I
Pigeon ramier	10	0,11	106,7	16,7	Fg
Tourterelle des bois	10	0,08	24	5,3	Fg
Coucou gris	10	0,08	18,9	4,5	I
Pic de Levaillant	10	0,06	17,4	3,9	Ic
Epervier d'Europe	5	-	-	-	C

I = Insectivore, P = polyphage, G = Granivore, Fg = frugivore ± granivore, Ic = Insectivore corticole, C = carnivore.

Tableau 23.2 - Structure du peuplement en familles, exprimées en richesse (Sf), en densité (Df) et en biomasse consommante (BC f).

Familles	Sf	Df	BC f
Fringillidae	6	8,20	136,3
Sylviidae	3	4,68	70
Paridae	2	4,57	70,2
Muscicapidae	1	2,75	38,5
Turdidae	2	2,02	48,9
Troglodytidae	1	1,78	19,2
Picidae	2	0,91	40,5
Certhiidae	1	0,81	8,1
Columbidae	2	0,19	22
Cuculidae	1	0,08	4,5
Accipitridae	1	-	-

Tableau 23.3 - Paramètres de structure du peuplement

N	S	a/N	s	T	V	D	H'	H'max	E	BBp	BCp	BB/sp
20	22	0,05	8 ± 1,13 α=0,05	36,40	32,30	26,00	3,776	4,459	0,847	1285	458	64,43

Pour la signification des symboles cf. chapitre 2.

D'une manière générale, le milieu fait surtout fonction de site de nidification pour la plupart des espèces ; notamment pour les Fringillidés, qui exploitent alors, pour se nourrir, les milieux herbacés ou les maquis environnant.

La répartition des catégories trophiques est, dans ce contexte, de peu de signification quant aux ressources que ce milieu est susceptible de produire ; sauf peut-être pour les frugivores qui trouvent encore dans le sous-bois de quoi satisfaire leur besoins et les insectivores corticoles, à propos desquels les témoignages de quelques habitants locaux rapportent des faits assez curieux. On observe, en effet, parfois des arbres dont l'écorce est entièrement criblée de trous forés par des pics : et ce, des racines jusqu'à l'extrémité des branches. Cette habitude, d'après les témoignages, tient au fait que certains arbres auraient une sève relativement sucrée, très attractive pour les fourmis, que le Pic épeiche surtout, viendrait par la suite consommer, réalisant ainsi un acte intentionnel en vue d'appâter des proies ! si nous avons bien vu les arbres en question, nous n'avons jamais, en revanche, été témoin de telle scène.

La répartition des familles au tableau 23.2., révèle la dominance des Fringillidés en richesse, densité et biomasse consommante, alors que les Paridés occupent le 2ème rang presque à égalité d'abondance et de biomasse avec les Sylviidés.
Notons par ailleurs, que les Turdidés n'occupent que le 4ème rang des biomasses consommantes, traduisant ainsi la faiblesse des ressources au sol.

La richesse stationnelle moyenne (Tab. 23.3.) est, compte-tenu de la pauvreté en espèce et le faible niveau des abondances de ce milieu, nettement plus faible que celle des milieux forestiers fermés précédents. Elle est du même ordre de grandeur que celle du maquis moyen dont les paramètres qui caractérisent son peuplement avien, sont d'ailleurs, à plus d'un égard, comparables. La valeur de V traduit une forte oscillation de cette richesse moyenne ; fait étonnant lorsque l'on se réfère à la structure équienne du milieu. Celle-ci ne semble pas influer sur la répartition intrabiotope de l'avifaune, comme nous le supposions pour la pineraie. Il est possible également que la faiblesse des densités y joue un rôle non négligeable à travers un schéma de répartition des territoires plus ou moins aléatoire, en même temps que se manifeste l'effet d'une proportion d'espèces à faible densité (inférieure ou égale à 20 %) relativement élevée : 41 % contre 31 % dans la pineraie.

La valeur de "T" traduit un degré d'homogénéité globale, également inférieur à celui des milieux fermés qui se rapprocherait, en fait, plus de celui des maquis arborés.

L'indice de diversité H' révèle cependant, une structure de peuplement relativement complexe, traduisant des ajustements entre espèces qui relèveraient des milieux murs ; ce qui n'est d'ailleurs pas en contradiction avec la composition du peuplement.
Décidément peu productive, l'eucalyptaie ne fournit qu'un peu moins de 1300 g d'oiseaux aux 10 ha. Chiffre à comparer d'une part, à celui de la zénaie à E.V.V. égal, qui en produit plus de 3600 et, d'autre part, à celui du maquis moyen qui en produit un peu plus de 1300.

Il est difficile à priori d'apporter une explication au caractère pauvre de ce milieu.
Plusieurs raisons semblent militer en faveur de ce phénomène, sans que l'on puisse attribuer à l'une ou l'autre un caractère incontestable : quantité et surtout nature des ressources trophiques, structure particulière du biotope, qualité des matériaux, port des branches et du feuillage, etc... Cependant, si l'on se souvient du caractère relativement récent de la présence de cette essence en Algérie, il n'est pas invraisemblable que la pauvreté de ce milieu forestier, ait un déterminisme évolutif. En effet, l'exploitation de cette essence par l'avifaune locale, ne s'est produite qu'à partir de son introduction, dans la 2ème moitié du 19ème siècle.
Etrangère à plus d'un titre, dans la mesure où elle n'a aucun équivalent dans l'aire méditerranéenne voire paléarctique, il est probable, du moins pour ce qui concerne l'avifaune, qu'un phénomène d'adaptation écologique globale à cette essence n'ait pas encore eu lieu et qui se traduit par un taux d'occupation des forêts qu'elle constitue, à un niveau d'abondance qui n'est pas en rapport avec sa productivité primaire.

En résumé, au terme de l'échantillonnage des 11 biotopes, nous pouvons retenir que :

- Les pelouses se caractérisent, en tant que milieu ouvert, par un peuplement spécialisé, tant dans sa composition que dans sa structure relativement équilibrée par rapport aux milieux ouverts ligneux. Ce peuplement se distingue par la dominance des granivores ainsi que par une richesse et une abondance totale, faibles.

- Les milieux ligneux ouverts, maquis bas et maquis moyen, opèrent une rupture quasi totale avec les pelouses, à travers leur composition spécifique. Cette rupture est caractérisée par l'apparition en masse des Sylviidés, dont une seule espèce : la Fauvette mélanocéphale, sature presque totalement le milieu. On y note néanmoins l'apparition d'un cortège d'espèces ubiquistes, aussi bien inféodées à la végétation buissonnante qu'à la végétation arborée et qui ne réalisent dans ces biotopes, qu'une niche partielle, en l'occurrence trophique.

- Les milieux ligneux semi-ouverts, constituent, indépendamment du hiatus créé par la position du maquis haut, dans l'ordre successionnel des stades de la série, une transition entre les ligneux

ouverts et les ligneux fermés. Cette transition est traduite par l'apparition d'un cortège d'espèces typiques des milieux forestiers fermés. Celles-ci, sont cependant, numériquement marginales. La présence des maquis, continue d'exercer une influence déterminante sur le peuplement avien, par la dominance d'espèces qui lui sont caractéristiques et par celle d'une catégorie trophique qui suggère un "pilotage" du fonctionnement de ces milieux par un seul type de ressource : Les insectes.
La présence de la strate arborée dans ces biotopes, n'a qu'une influence que nous qualifierons de qualitative ; en ce sens que l'alternative fonctionnelle qu'elle apporte, est de peu d'importance en regard de celui des milieux forestiers fermés, à strate arborée plus importante.

- Les milieux forestiers fermés, se caractérisent par une rupture nette avec le type d'organisation des peuplements, fortement hiérarchisée, des maquis, qu'ils soient ouverts ou semi-ouverts. Ils se distinguent par une structure de peuplement qui traduit incontestablement la disponibilité de ressources diversifiées, dont l'abondance permet à une avifaune de réaliser significativement, un nombre élevé de niches écologiques.

On distingue cependant 2 types de milieux forestiers fermés :

1 - Les forêts de plaines dont une partie de l'avifaune est plutôt thermophile.

2 - Les forêts d'altitude, qui se caractérisent par la présence d'espèces dont la répartition régionale obéit à un déterminisme altitudinal strict. Parmi ces dernières, la zénaie constitue le milieu le plus densément peuplé, où l'organisation du peuplement avien est des plus complexes.

On peut distinguer 3 types de milieux forestiers fermés de plaine. L'un naturel, constitué par la subéraie, dont le sous-bois est un compartiment fonctionnel majeur, puisqu'il détermine la présence des 4 espèces les plus abondantes du peuplement. Et 2 autres milieux, artificiels.
Parmi ces derniers, la pineraie se caractérise par une richesse et une abondance du peuplement avien, comparable à celles de la subéraie de plaine. Cependant, le caractère résigneux de l'essence végétale dominante y détermine une composition particulière où dominent, parmi les espèces arboricoles, les Fringillidés.

L'Eucalyptaie enfin, est un milieu dont l'avifaune se démarque totalement de celle des milieux forestiers fermés, par la faiblesse de son abondance. Elle reste néanmoins, d'une composition globalement similaire.

CHAPITRE 5
REPONSE DE L'AVIFAUNE LE LONG DE L'ECOCLINE DE VEGETATION

1 - DYNAMIQUE DES PEUPLEMENTS A L'ECHELLE DE LA SUCCESSION :

La variation des paramètres de composition et de structure des peuplements d'oiseaux d'un biotope à un autre, a été le principal élément de motivation des études de la dynamique des peuplements le long des successions de végétation.
Ces études ont eu (et ont toujours) pour objectif de révéler et d'analyser le jeu des mécanismes complexes d'organisation des peuplements d'oiseaux, à travers la variation des paramètres qui les caractérisent, en relation avec le degré de complexification de la végétation. Lack (1966)
Ferry (1960), Ferry et Frochot (1970), Frochot (1971), Blondel (1975, 1976, 1979, 1986), Muller (1985), Prodon (1988).

Si de nombreuses recherches ont été consacrées à ce thème, il reste difficile d'extraire de la grande masse de résultats disponibles, un modèle précis commun et unique d'organisation des avifaunes le long des successions. Cette difficulté est née du fait que ces travaux de recherche ont été réalisés dans des conditions géographiques différentes et ont concerné des successions différentes. Cependant, des tendances organisationnelles communes des peuplements, nuancées par quelques différences d'une succession à l'autre, ou pour une même succession, d'une région à l'autre (cf. différences entre Corse et Provence), suggèrent que les successions de végétation, gouvernent la dynamique des peuplements d'oiseaux selon des modalités et des mécanismes globalement similaires.

Nous nous proposons, dans ce chapitre, d'analyser l'évolution de quelques paramètres qui caractérisent les peuplements des 9 stades de la succession étudiée, et de dégager des résultats, des éléments de comparaison avec quelques cas étudiés en Europe continentale et méditerranéenne.

1.1. Evolution de la richesse totale :

La richesse qui caractérise un peuplement d'oiseaux est un paramètre qui traduit assez fidèlement les caractéristiques structurales d'un milieu, en ce sens qu'il est lié au degré de complexité de la végétation. Par conséquent, son évolution devrait être étroitement gouvernée par celle de la structure de la végétation, dans le sens où la complexification croissante de celle-ci entraînerait son augmentation, par le jeu d'une accumulation d'espèces, consécutive à l'apparition de nouvelles niches écologiques (Mac Naugton et Wolf, 1973).

Ce phénomène d'augmentation de la richesse n'est cependant pas linéaire ; car il procède d'ajustements plus complexes que la simple addition régulière d'espèces (Johnston et Odum, 1956; Ferry, 1960 ; Ferry et Frochot, 1970 ; Blondel, 1979).
D'une manière générale, les travaux effectués en Europe ont révélé que l'évolution de la richesse se caractérise par 2 phénomènes ; une augmentation franche dans les stades pionniers d'une succession, suivie par une dépression rapide (le "creux de la vague") dans les premiers stades intermédiaires. Ce creux est ensuite suivi d'une lente et régulière progression de la richesse au fur et à mesure que l'on se rapproche des stades mûrs, lesquels se caractérisent alors par une légère déplétion de ce paramètre, qui annonce leur sénescence.

Les valeurs utilisées pour caractériser nos milieux sont tirées des données issues des sondages par I.P.A. L'examen de la figure 28 révèle que la richesse évolue de manière constante depuis le stade herbacé jusqu'aux stades préforestiers, c'est-à-dire, le maquis à strate arborée dense. Elle manifeste ensuite un net fléchissement dans la subéraie de plaine suivi d'une augmentation dans les stades finaux de la succession.
Par rapport aux successions européennes, il semble que le schéma d'évolution de cette richesse soit atypique. Si on assiste bien à une augmentation rapide de celle-ci dans les premiers stades de la succession, il n'y a pas de phénomène de creux qui caractérise tant les successions européennes au niveau des stades pré-forestiers (Ferry et Frochot, 1970 ; Glavacinski, 1975 ; Muller, 1985 ; Prodon, 1988).
Celui-ci se manifeste bien plus tard dans les premiers stades murs de la succession, mais, selon toute vraisemblance, pas pour les mêmes raisons qu'évoquent Ferry et Frochot (1970). Ces auteurs attribuent le creux de la vague à la mise en place, au cours d'une succession, d'une structure forestière, ne convenant plus aux exigences d'une avifaune inféodée à la strate buissonnante et pas encore à celle d'une avifaune strictement forestière. Pour ce qui concerne notre cas, nous pensons que ce fléchissement est plutôt dû à la diminution de l'hétérogénéité physiographique des milieux forestiers fermés par rapport à celle, plus importante, des maquis arborés qui les ont précédés. Cette diminution de l'hétérogénéité physiographique a entraîné, en même temps qu'une réduction de richesse, une plus grande homogénéité de l'avifaune.

Si l'on se réfère, en outre, au phénomène de déplétion en bout de succession, nous constatons que celui-ci ne semble pas particulièrement simple à mettre en évidence.
Nous serions même tenté de croire à un phénomène inverse de celui généralement prédit. Si nous nous référons au chapitre précédent, nous constatons en effet, que la complexité du jeu de facteurs (altitude, degré d'humidité, densité de la végétation...) qui détermine la présence de certaines espèces est tel, qu'il est difficile à ce point de l'analyse, de savoir si telle richesse de tel milieu est la conséquence d'une structure de végétation donnée d'un stade successionnel ou bien si elle est le reflet également de l'influence d'un facteur altitudinale, édaphique, ou hygrométrique, tant ce dernier est déterminant dans une région où il se distingue par son caractère limitant. L'idéal aurait été, bien

entendu, de procéder à une telle étude dans des conditions altitudinale et hygrométrique homogènes. Conditions quasi-impossibles à réunir dans la région considérée, voire dans le Nord-Ouest de l'Afrique.

Un autre aspect lié à l'augmentation de la richesse au terme de la succession est relatif au degré de maturité de ce qui a été considéré comme le stade terminal de la succession. Il n'est pas certain, en effet, que la subéraie d'altitude, dont la diminution de richesse n'est consécutive qu'à l'absence de sous-bois et de son cortège d'espèces, et la zénaie aient atteint ce degré de maturité, annonciateur d'une sénescence écologique qui provoquerait une perte de richesse de leur peuplement avien.

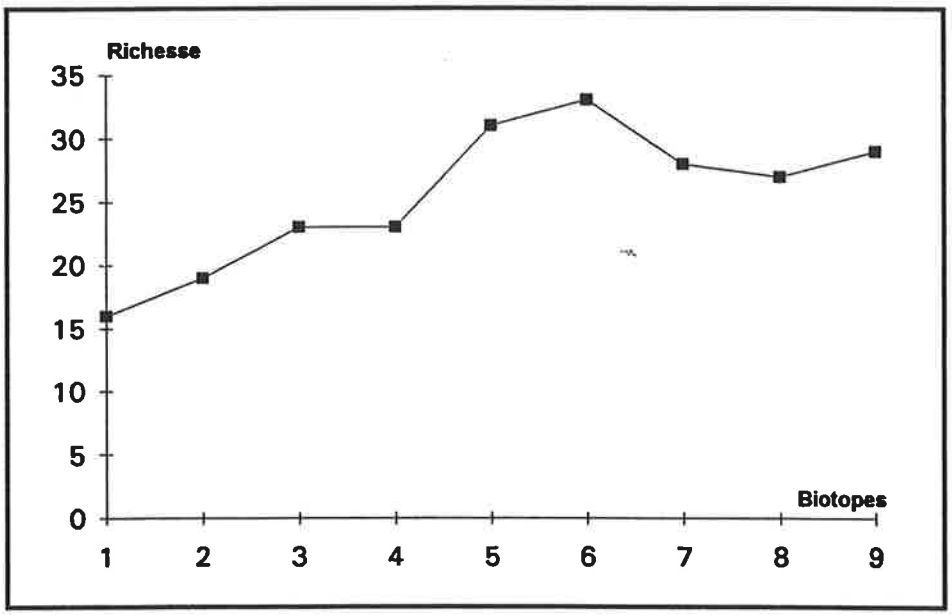


Figure 18 - Evolution de la richesse totale le long de la succession.

Nous retiendrons en tout état de cause, que la richesse évolue depuis le stade herbacé jusqu'aux stades préforestiers. Cette évolution est consécutive à un jeu de facteurs faisant probablement intervenir une complexification croissante de la végétation, une augmentation de la diversité physiographique des milieux et très vraisemblablement l'action locale d'un facteur hygrométrique et édaphique.

A partir des stades forestiers, la richesse manifeste un fléchissement consécutif à une plus grande homogénéité ainsi qu'un plus grand degré de fermeture de la végétation qui éliminent les espèces des milieux semi-ouverts - Bruants, Traquet... ("creux de la vague" différé ?). La richesse augmente à nouveau au terme de la succession obéissant ainsi à l'action de conditions hygrométriques plus favorable pour une végétation forestière qui, de nature sempervirente dans les plaines, devient caducifoliée en altitude.

La corrélation de la richesse avec l'E.V.V. révèle une valeur de $r = 0,775$ $p < 0,02$. Celle-ci est supérieure à celle calculée avec le toit de la végétation où $r = 0,661$ $p < 0,10$. Ce résultat révèle que l'E.V.V. est un paramètre de l'habitat dont le pouvoir descriptif est plus puissant que le toit de la formation. Il reste cependant en deça du pouvoir descriptif du "niveau de complexité" de la végétation de Blondel et Cuvillier (1977) qui trouvent une corrélation de leur descripteur avec la richesse, égale à

0,83 P<0,05. Nous verrons plus tard que cette différence trouve en fait très probablement son origine dans le faible taux de renouvellement spécifique d'un milieu à l'autre, dans notre région, lequel est dû à une amplitude d'habitat des espèces plus importante qu'en France continentale.
Retenons qu'en dépit de ce phénomène, la valeur de la corrélation reste, tout de même, intéressante à considérer.

1.2. Evolution de la richesse moyenne :

La richesse moyenne d'un peuplement correspond au nombre moyen d'espèces contactées dans une station, en l'occurrence, le point d'écoute ou encore l'I.P.A. unité. Ce paramètre a l'avantage par rapport à la richesse totale, d'être statistiquement interprétable (Blondel, 1979), et d'amoindrir fortement la part prise, dans un peuplement, par les espèces rares ou accidentelles. De ce fait, la richesse stationnelle moyenne n'exprime en quelque sorte, que le nombre d'espèces "représentatives d'un milieu donné" (Frochot, 1971). Ce paramètre est en outre, fortement corrélé à l'abondance totale (Blondel et al. 1981). Nous trouvons, d'ailleurs pour notre succession, une corrélation avec l'abondance totale des peuplements $r = 0,925$ $p < 0,01$, très forte.

L'examen de la figure 19 révèle que la richesse stationnelle moyenne se caractérise par une évolution en 2 phases. La première, très courte, correspond à la diminution nette de sa valeur entre les pelouses et le maquis bas. La richesse moyenne des pelouses est plus élevée que celle du maquis bas en dépit d'une densité totale de peuplement moindre. Ce phénomène est dû à une répartition plus équilibrée de l'avifaune de ce milieu, par rapport au maquis bas dont l'essentiel de l'abondance totale du peuplement est le fait d'une seule espèce ; La Fauvette mélanocéphale ; et dont le nombre d'espèces rares est important.

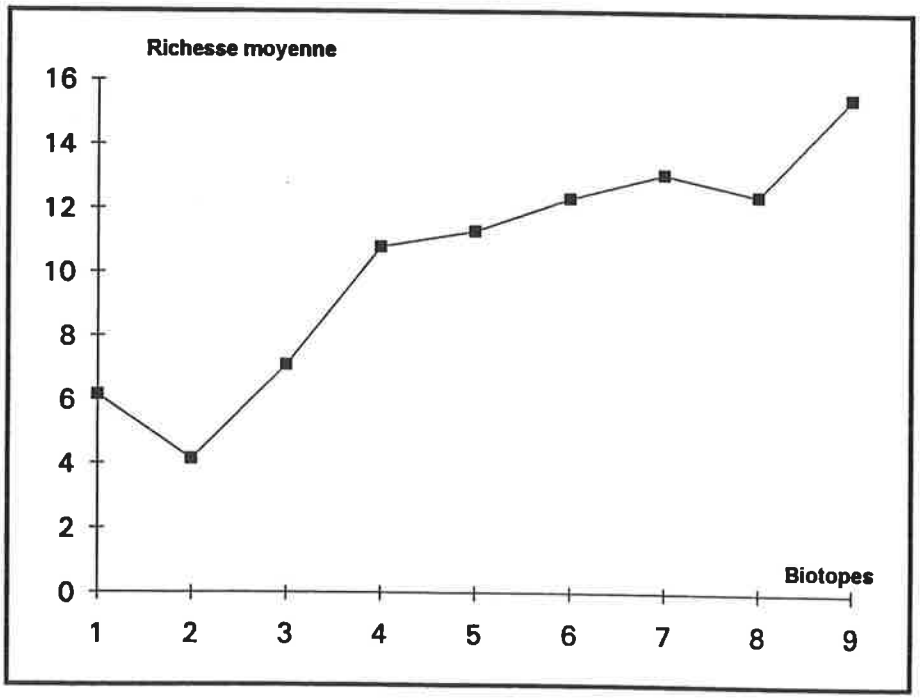


Figure 19 : Evolution de la richesse moyenne le long de la succession

La seconde phase est caractérisée par l'augmentation régulière de ce paramètre le long de la succession de végétation. Une légère baisse se manifeste au niveau de la subéraie sans sous-bois, très vraisemblablement liée à l'absence du cortège des espèces de sous-bois. On remarquera d'ailleurs que cette baisse suit de très près celle de l'abondance totale dans ce biotope.
La richesse moyenne culmine enfin dans la zénaie, au terme de la succession.

La corrélation de ce paramètre avec L_n E.V.V. donne une valeur $r = 0,937$ $P < 0,01$ indiquant un lien avec ce descripteur, meilleur que celui qu'il avait avec la richesse totale. En effet, celui-ci était, dans une certaine mesure, affecté par les valeurs de la richesse du maquis à strate arborée claire et du maquis à strate arborée dense. Or, leurs richesses moyenne sont inférieures ou du moins, statistiquement équivalentes à celles de la subéraie de plaine ou de montagne et nettement inférieure à celle de la zénaie. Ce réajustement de la place des milieux semi-ouverts dans la succession, à travers la valeur de leur richesse moyenne, démontre la part importante prise par les espèces rares dans leur peuplement.

L'ensemble de ces résultats confirme l'observation, devenue classique, du phénomène d'accroissement de la richesse stationnelle moyenne, le long d'un écocline de complexité croissante de la structure de la végétation (Blondel et al. 1973 ; Prodon et Lebreton, 1981 ; Muller, 1985 ; Rocamora, 1987) et valide globalement, du même coup, l'ordre successionnel que nous avons défini à priori.

1.3. Evolution de la densité des peuplements :

La densité d'un peuplement d'oiseaux dépend de 2 facteurs. Le premier est relatif à la richesse totale du peuplement en ce sens que l'augmentation de celle-ci entraîne l'augmentation du nombre d'oiseaux (Ferry et Frochot, 1970). Ce phénomène est illustré dans la figure 20 avec les données de notre succession .
Cependant, Frochot (1971) a démontré que ce facteur n'expliquait pas à lui seul l'abondance d'un peuplement. Celle-ci dépendait également étroitement d'un second facteur qui est la productivité primaire du milieu et le volume global de la végétation. Un milieu influe sur l'avifaune selon un processus faisant intervenir l'effet du degré de complexité de la végétation, donc du nombre de niches disponibles, sur la richesse du peuplement et l'effet de la productivité primaire sur l'abondance de ce peuplement (Mac Arthur et Mac Arthur 1961, Blondel et al. 1973, Muller 1985).

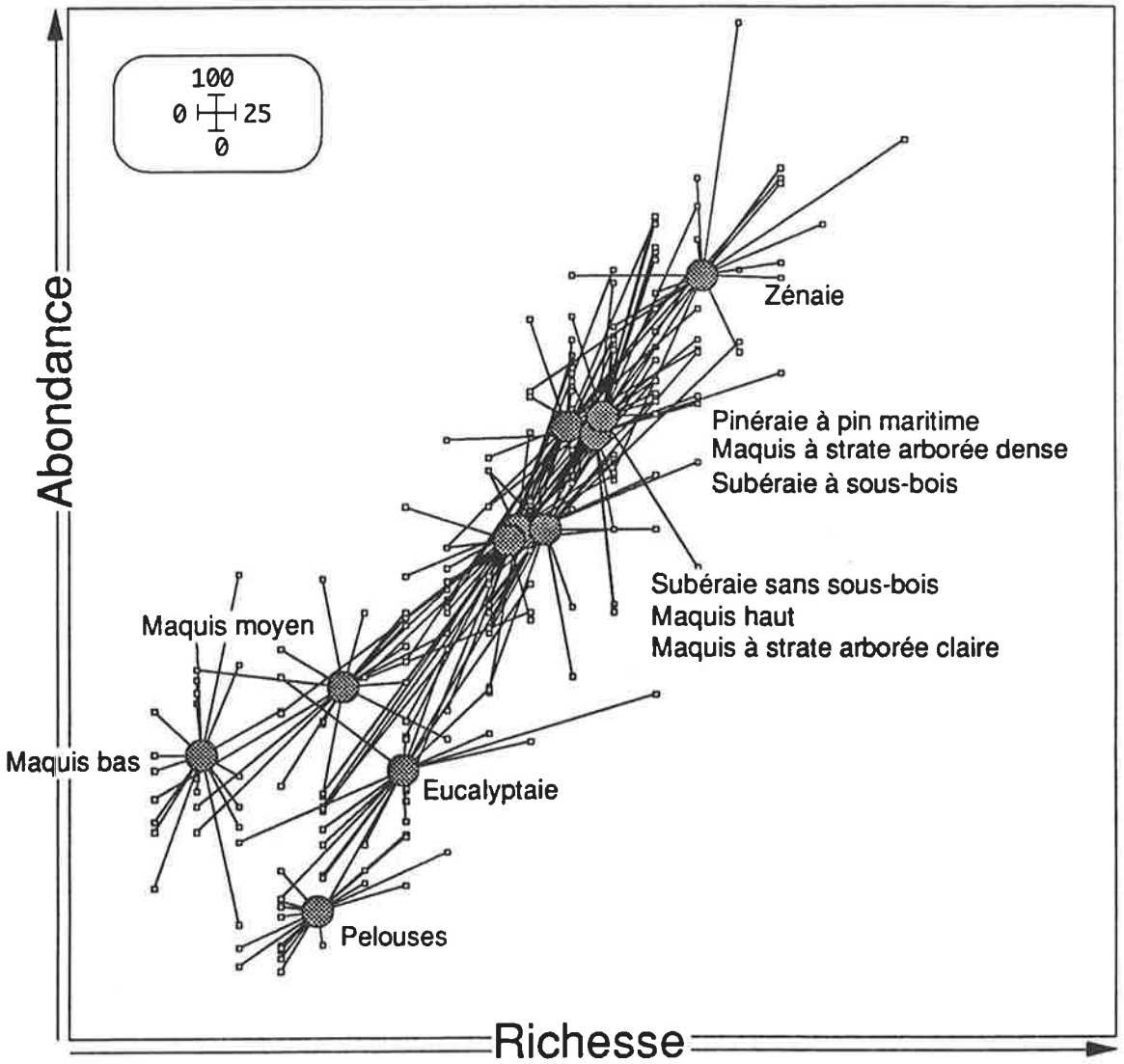


Figure 20 : Relation richesse-densité dans les milieux échantillonnés.

L'examen de la figure 21 confirme globalement ce processus. Nous constatons en effet, que la densité totale des peuplements croit régulièrement des pelouses jusqu'au maquis haut (stade 4). Entre ce biotope et le maquis à strate arborée claire, elle manifeste un léger fléchissement que nous attribuons à la différence d'E.V.V. qui les caractérise respectivement et dont la valeur est plus élevé dans le maquis haut (cf § 4-1.5). Après une nouvelle progression, la densité totale fléchit à nouveau entre le stade 6 et le stade 7. Ce fléchissement peu sensible puisqu'il est d'à peine 1,2 %, suggère néanmoins un effet de la richesse dans la mesure où elle est nettement plus faible dans la subéraie (S = 28) que dans le milieu précédent (S = 33). La diminution la plus significative de la densité concerne le passage de la

subéraie de plaine à la subéraie d'altitude. Là encore se manifeste très probablement un "effet richesse" par la perte du cortège des espèces du sous-bois dans la subéraie d'altitude.

Ce phénomène est confirmé par la densité totale du peuplement de la zénaie, la plus forte de la succession avec près de 74 c/10 ha, et dont le peuplement est, aux espèces de sous-bois près, presque similaire à celui de la subéraie d'altitude.

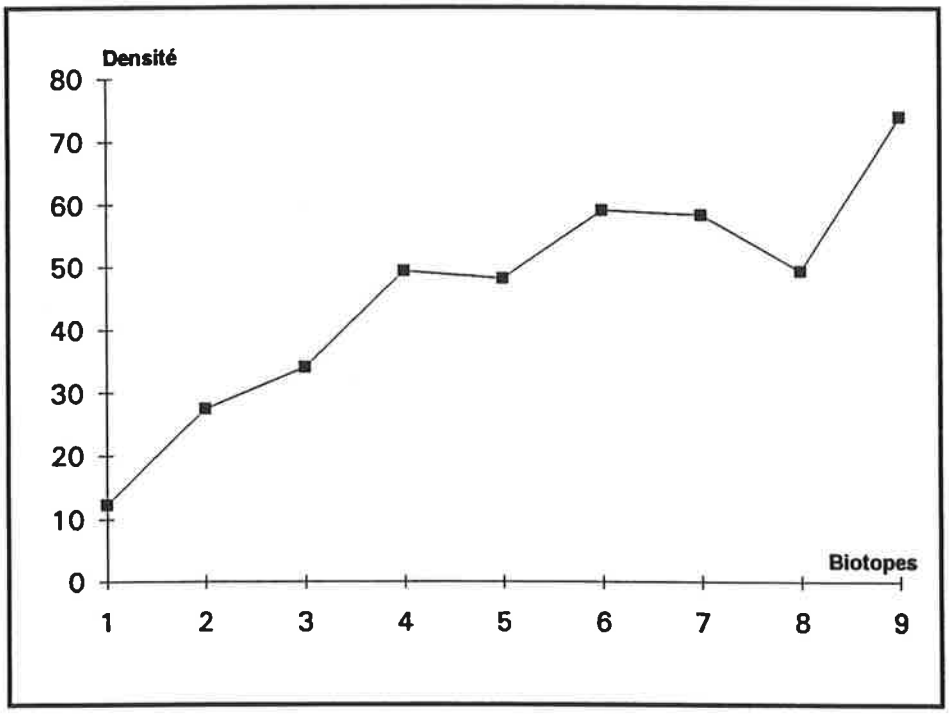
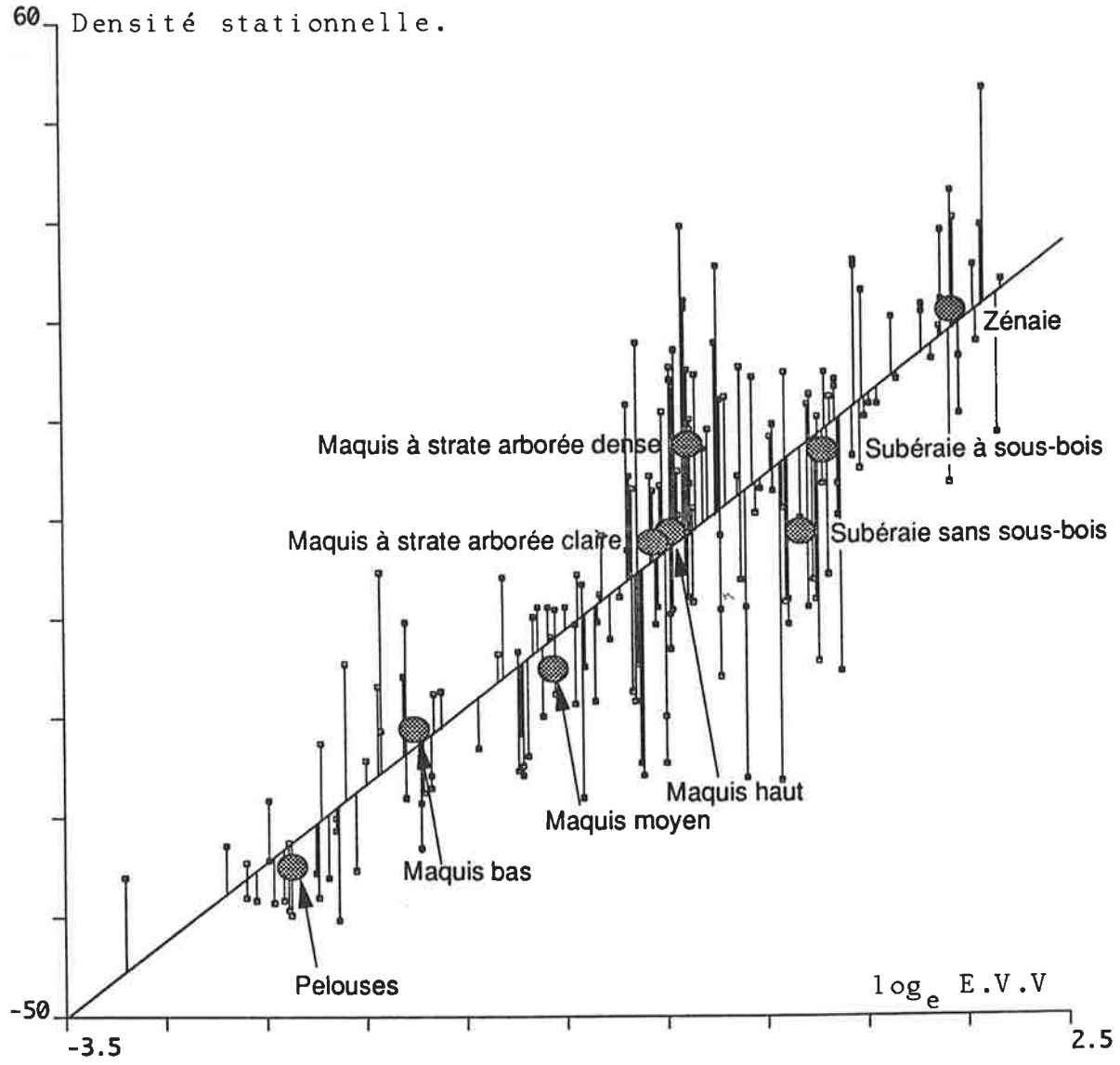


Figure 21 : Evolution de la densité totale le long de la succession.

Nous avons calculé la corrélation entre l'abondance et le log népérien de l'E.V.V. à partir des valeurs de 180 relevés (Fig. 22). La corrélation est forte et hautement significative ; $r = 0,822$ $p = 10^{-4}$, traduisant encore l'influence déterminante de la productivité primaire du milieu sur la densité. Elle démontre en outre que l'E.V.V. intègre de manière satisfaisante cette productivité.



Fiigure 22: Correlation entre l' abondance et le log népérien de l'E.V.V.
(représentation centrée).

1.4. Evolution de la masse corporelle spécifique :

L'augmentation de la masse corporelle spécifique a été mise en évidence par Ferry et Frochot (1970) au cours de l'étude de l'avifaune d'une succession de Chêne pédonculé en Bourgogne. Blondel (1976) interprète ce phénomène comme étant l'expression d'un glissement progressif de communautés d'oiseaux à stratégie globalement r dans les milieux bas et contraignants, à une stratégie globalement K dans les milieux plus structurés à forte productivité. Ce glissement d'une stratégie r à une stratégie K s'accompagne généralement d'une plus grande tendance à la sédentarité des espèces en même temps que de l'augmentation de leur masse corporelle.

La figure 23 représente l'évolution de ce paramètre le long de notre succession et révèle 2 phases distinctes. La première phase se produit dans les 4 premiers stades de la succession et traduit une

variation peu sensible de la masse corporelle spécifique moyenne. Elle n'y présente pas en tout cas, de tendance particulière. La présence d'espèces de taille moyenne y est partagée. On note en effet, la présence de la caille des blés aussi bien dans les pelouses que dans le maquis moyen. Le maquis bas est, quand à lui, caractérisé par la présence du Turnix d'Andalousie et celle du Coucou gris, tandis que le maquis haut par celle de la Tourterelle des bois. Le passage des maquis non arborés aux maquis arborés marque le début de la seconde phase. Celle-ci se manifeste d'abord par une hausse sensible de la masse corporelle spécifique moyenne consécutive à l'apparition des pics. Nous avons vu précédemment (cf § 4-1.5) que les pics, notamment le Pic épeiche, manifestaient une importante plasticité écologique vis à vis de la strate arborée.

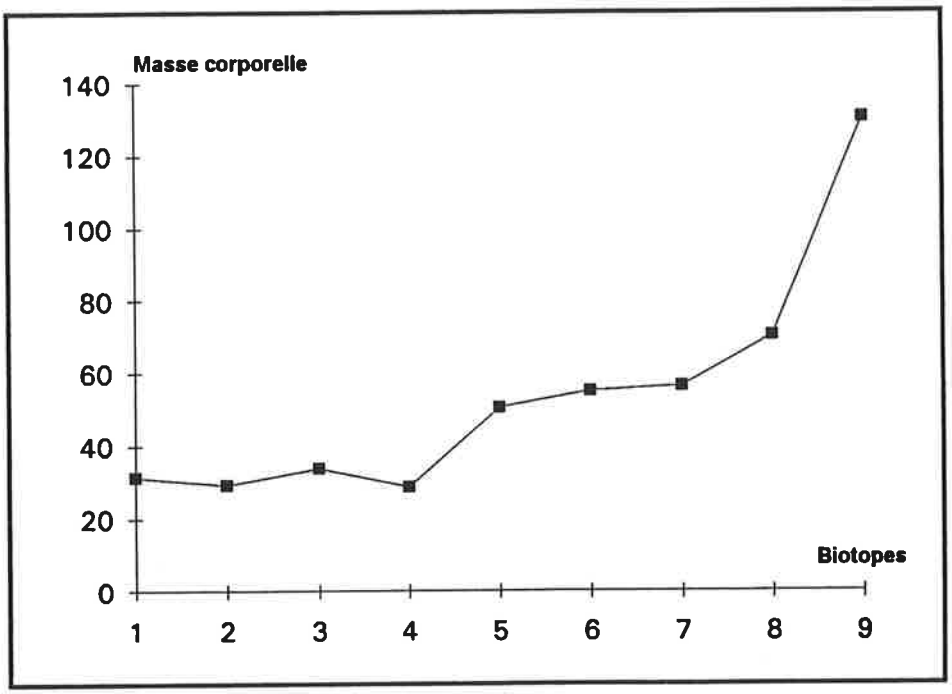


Figure 23 : Evolution de la masse corporelle spécifique le long de la succession.

C'est à partir des forêts d'altitude que ce paramètre augmente de manière spectaculaire pour culminer en fin de succession. Cette augmentation dans les stades murs est due à la présence d'espèces de grande taille - Chouette hulotte, Grand corbeau - Geai - Pigeon ramier) conformément aux observations de Ferry et Frochot (op. cit.). Elle conforte également du même coup les arguments liés au phénomène de glissement de stratégie r à K dans les successions forestières.

1.5. Evolution de la biomasse brute BBP et de la biomasse consommante BCP des peuplements :

Les biomasses brutes et consommantes sont des paramètres qui dépendent étroitement de la densité des peuplements. Les corrélations calculées entre ces paramètres et l'abondance totale de leurs peuplements respectifs sont d'ailleurs très fortes puisque $r = 0,966$ $p < 0,01$ entre BBp et D et $r = 0,992$ $p < 0,01$ entre BCp et D.

Il n'est donc pas étonnant que les courbes de la figure 24 qui illustre leur évolution le long de la succession, soient quasiment similaires à celles de la densité des peuplements. On y remarque le même fléchissement qui caractérise le passage du stade 4 au stade 5, ainsi que celui du stade 7 au stade 8, et cela pour les mêmes raisons qui ont été évoquées précédemment.

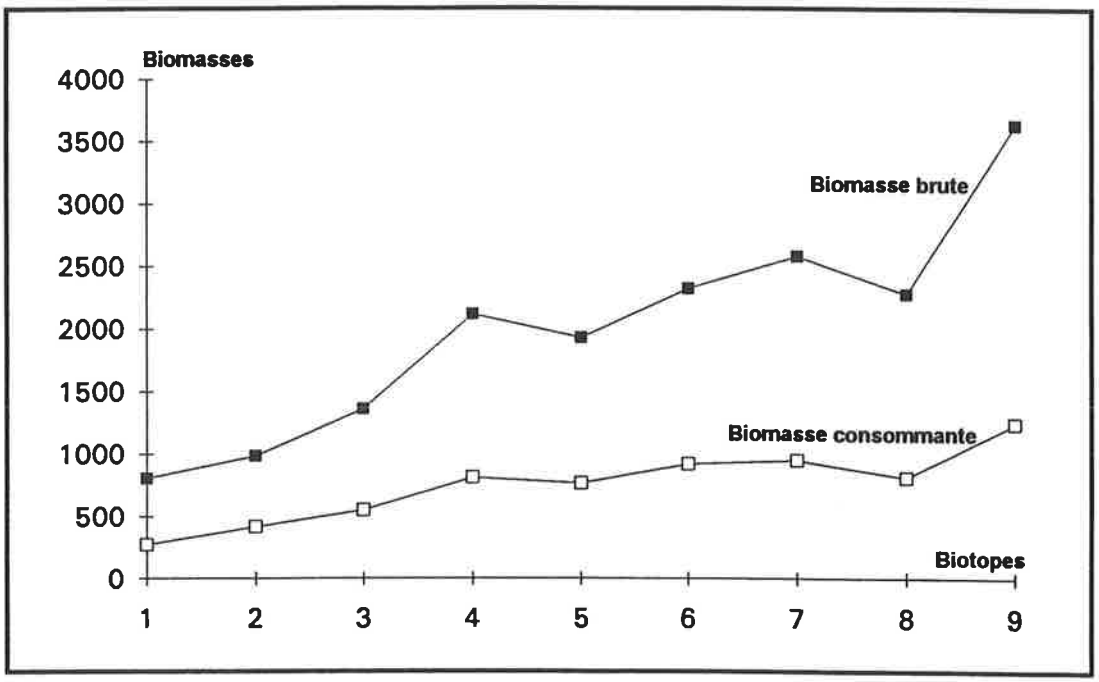


Figure 24 : Evolution de la biomasse brute et de la biomasse consommante des peuplements le long de la succession.

On assiste ainsi, globalement, à une augmentation de biomasse totale le long de la succession ; les pelouses étant le milieu le moins productif en oiseaux, alors que la zénaie est le plus productif. La productivité des milieux caducifoliés est largement supérieure à celle des forêts sempervirentes. Ceci est certes, la conséquence d'une densité d'oiseaux plus élevée, mais également l'effet d'un plus grand nombre de grandes espèces. Par ailleurs, la productivité de la zénaie est comparable à celle d'une hêtraie en régénération ou d'une chênaie caducifoliée européenne (Muller, 1985).

1.6. Evolution de la diversité informatique H' :

De nombreuses observations ont mis en évidence une augmentation de la diversité informatique des peuplements, calculée par la relation de Shannon, selon un schéma d'évolution le long des successions, à peu près similaire à celui de la richesse totale (cf. de nombreux exemples in Muller, op.cit.). Le rôle de la prédation dans la diversification des peuplements a été souligné par de nombreux auteurs (Holling 1959, Cramer et May 1972, Murdoch et Oaten 1975, Roughgarden et Feldman 1975, Hassel 1976, 1978, Holt 1984) cités par Blondel (1986). Par conséquent, plus un milieu est riche en prédateurs, plus son peuplement se caractérise par une structure complexe et diversifiée. Ce phénomène sous-tend les fortes diversités observées dans les milieux forestiers climaciques ou sub-climaciques.

La figure 25 illustre l'évolution de la diversité des peuplements le long de la succession. Elle révèle d'emblée une expérience différente de celle des auteurs européens. Ceux-ci observent généralement une augmentation de la diversité dans les tous premiers stades de la succession, suivi d'un creux qui caractérise les stades intermédiaires puis une nouvelle augmentation qui se poursuit jusqu'au terme de la succession, avec, selon les expériences, un léger fléchissement ou pas, de ce paramètre dans les stades climaciques.

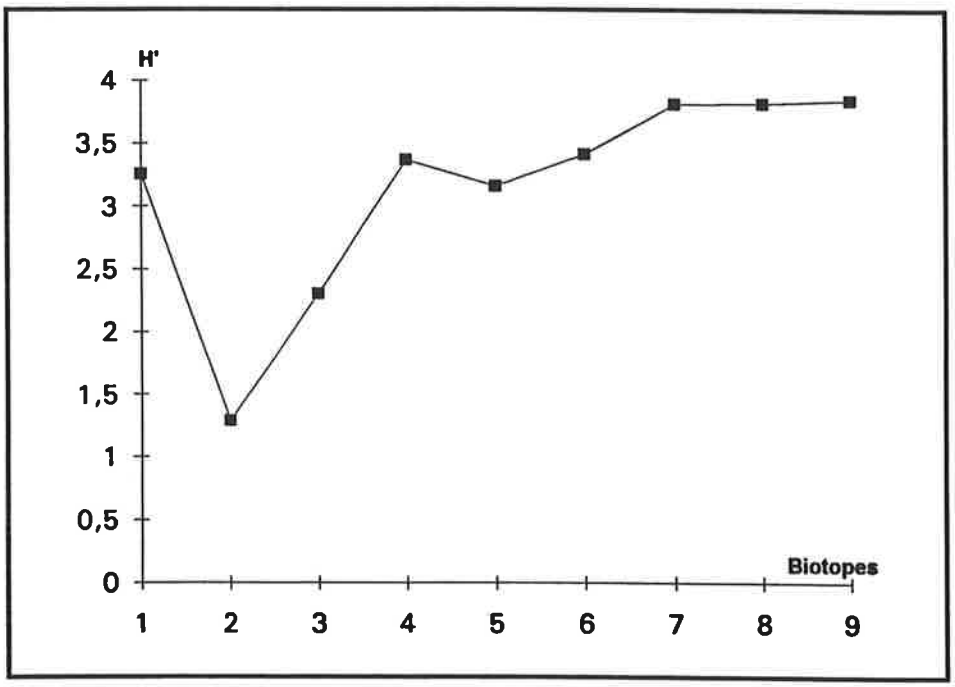


Figure 25 : Evolution de la valeur de H' le long de la succession.

Pour ce qui nous concerne, on assiste au contraire à une nette diminution de la diversité lors du passage des pelouses au maquis bas. En revanche, il se dessine dans la succession des ligneux - milieu 2 à 9 - un profil d'évolution de H' similaire à celui des successions européennes. Tout se passe comme si la pelouse constituait un milieu qui se distingue franchement de la succession considérée, par une certaine originalité spécifique et structurale de son peuplement avien.
Cette originalité a, du reste, déjà été mise en évidence à travers la valeur de la richesse stationnelle moyenne de ce biotope, supérieure à celle du maquis bas.

Dans les ligneux, nous notons un fléchissement sensible de la valeur de H' au niveau du maquis à strate arborée claire. Ce fléchissement est dû à l'important déséquilibre de la distribution d'abondance des espèces de ce peuplement du fait de la dominance de la Fauvette mélanocéphale.
A partir de ce stade, la diversité des peuplements augmente régulièrement jusqu'au terme de la succession, la zénaie, où elle atteint sa valeur maximale.
Si l'on se réfère à la composition du peuplement de ce milieu, nous constatons que la présence de prédateurs y est élevée ; certainement plus des 2 espèces observées, Chouette hulotte, Epervier

d'Europe. Pour ne se limiter qu'aux oiseaux, il est donc très probable que la pression de prédation exercée sur les oiseaux de ce milieu soit supérieure à celle des milieux peu pourvus en prédateurs et que la forte diversité qui y est observée soit une des conséquences directes de cette pression de prédation.

La corrélation de H'avec le log népérien de l'E.V.V. se caractérise par une valeur relativement faible $r = 0,604$ $P < 0,10$. En revanche, si l'on fait abstraction du premier stade de la succession, les pelouses, la valeur de r est portée à $0,925$ $p < 0,01$, traduisant un pouvoir prédictif de l'E.V.V. satisfaisant pour ce paramètre. Cette corrélation confirme, s'il en fut, la loi générale d'organisation des communautés d'oiseaux le long des successions de végétation, qui veut que plus un milieu devient complexe, plus grand est le nombre de facteurs et de combinaisons de facteurs qui agissent sur les organismes et plus structuré est le peuplement soumis à l'influence de ces facteurs.

1.7. Evolution de la proportion des espèces migratrices :

Une des caractéristiques des gradients successionnels de végétation concerne le degré de stabilité des espèces en fonction de la nature de leur habitat préférentiel. Si l'on se réfère au glissement de stratégie démographique de r à K qui caractérise les communautés le long d'une succession, nous constatons que les espèces exploitant les stades murs des successions se caractérisent, en plus d'une plus grande aptitude à la compétition et une saturation de leur habitat, par une plus grande tendance à la stabilité. Ces caractéristiques ont pour conséquence une réduction de l'immigration d'espèces nouvelles (Blondel, 1986). En revanche, dans les stades pionniers, par définition éphémères et instables, puisqu'ils sont appelés à se transformer, les espèces doivent manifester une aptitude à la dispersion afin de pallier la dégradation ou du moins, les modifications des conditions des milieux qu'elles exploitent. Par conséquent, ces espèces ne saturant pas le milieu, sont plus mobiles et ne s'opposent pas à l'immigration d'espèces nouvelles.
L'ensemble de ces phénomènes devrait se solder, à l'échelle d'une succession de végétation, par l'augmentation de la proportion d'espèces sédentaires, des stades pionniers aux stades climaciques ou sub-climaciques. Corrélativement on assiste à une évolution inverse de la proportion d'espèces migratrices.

La figure 26 illustre la variation de la proportion des espèces migratrices le long de la succession étudiée. Nous remarquons que cette variation n'est pas linéaire mais qu'elle se caractérise plutôt par la présence de 2 maxima.
Les espèces migratrices sont proportionnellement plus nombreuses dans les pelouses et dans la subéraie de plaine. Elles le sont moins, en revanche, dans les forêts d'altitude et dans les maquis ouverts de début de succession.
Dans les ligneux, les minima se localisent donc aux 2 extrémités du gradient.

La faible proportion des migrateurs dans les stades murs est conforme avec la stratégie de type K adoptée par les espèces de ce milieu dont le caractère sédentaire est en rapport avec la stabilité et la prévisibilité de leur habitat (Blondel, 1976).
Dans les pelouses, en revanche, le maxima observé serait à mettre en rapport avec l'importante variation saisonnière de la productivité, qui simule régulièrement une déstabilisation de ce type de milieu.

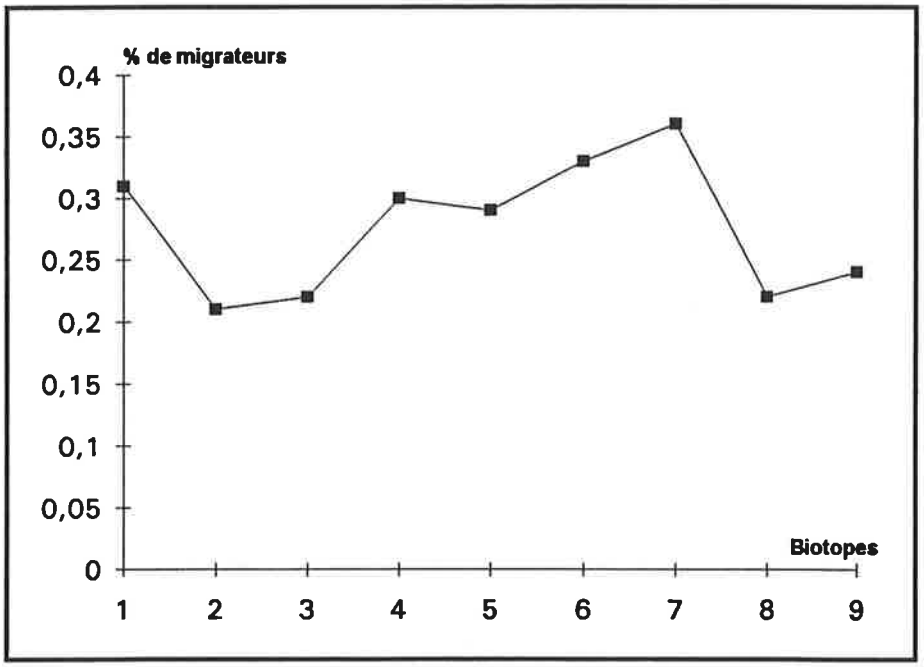


Figure 26 : Evolution de la proportion des espèces migratrices le long de la succession.

Le minima qui caractérise les premiers stades ligneux - maquis bas et moyen - semble constituer une exception à la règle. Ces milieux devraient théoriquement héberger une proportion plus élevée d'espèces migratrices. Ce minima peut cependant se concevoir à partir du moment où l'on considère que ces milieux sont saturés par une espèce sédentaire, en l'occurrence la Fauvette mélanocéphale, qui y est présente toute l'année. Un second facteur peut contribuer à expliquer le faible taux de migrateurs dans les maquis bas et moyen. Il est en effet, vraisemblable que ces milieux ne conviennent pas tout à fait à une grande partie du pool des espèces migratrices parce qu'elles sont soit inféodées à la strate arborée - Loriot d'Europe, Pouillot de Bonelli, Gobe-mouches gris, Gobe-mouches noir, Hypolaïs pâle, ... - soit à des maquis hauts et denses - Tourterelle des bois, Fauvette orphée, Rossignol philomèle...).
Quant au maxima observé dans la subéraie de plaine, il reste pour le moins énigmatique dans la mesure où il se démarque de la tendance observée dans les milieux forestiers murs.

1.8. Evolution des familles quantifiées en richesse et en biomasse consommante :

La structuration des peuplements par le regroupement des espèces en catégories taxonomiques supérieures, en l'occurrence les familles, permet une illustration de l'évolution de certains paramètres

(richesse, biomasse consommante) qui caractérisent les groupes d'espèces, plus synthétique et moins confuse qu'une représentation unispécifique. Le choix d'un regroupement par familles a été préféré à une "catégorisation" des espèces par affinité écologique (type d'habitat ou strate de végétation préférentielle) afin d'éviter de regrouper ou de distinguer des espèces, sur des critères basés sur une écologie dont les éléments sont peu ou mal connus. Si, par exemple, on considère la famille des Sylviidés, on y distingue 2 catégories d'oiseaux : l'un regroupe des espèces inféodées aux buissons, c'est-à-dire les Fauvettes ; le second regroupe des espèces plutôt inféodées aux arbres, Pouillots et Roitelet triple bandeau. On peut même distinguer un 3ème groupe composé de l'unique espèce inféodée à la strate herbacée haute, la Cisticole des joncs. Si nous devions distinguer toutes ces espèces par catégorie d'habitat, nous ferions vite face à la difficulté que posent les pouillots dans la mesure où ils s'infiltrent volontiers dans les milieux buissonnants, rejoignant en cela, la strate de végétation fréquentée par les Fauvettes. Le distinguo entre les 2 groupes est évidemment plus fin qu'il n'est présenté ; mais c'est justement à cause de ces nuances, encore mal ou pas du tout cernées, du moins sous nos latitudes, que nous avons préféré un regroupement sur des bases taxonomiques, qui ont au moins le mérite d'être universellement admises.

1.8.1. Evolution des familles quantifiées en richesse SF :

Nous avons vu que la richesse des peuplements manifestait une nette tendance à l'augmentation le long de la succession. Cette augmentation se réalise par le jeu d'un remplacement/addition d'espèces sous l'influence de la structure de la végétation qui caractérise chaque stade de la succession. La figure 27 illustre le phénomène par le truchement des familles. Nous ne considérerons ici que les stades de la succession, c'est-à-dire les stades 1 à 9. Les stades 10 et 11, pineraie et eucalyptaie, n'étant représentés qu'à titre comparatif.
L'examen de la figure 27 révèle 4 cas de figure d'évolution de la richesse des familles.

Le premier cas de figure concerne les familles qui disparaissent dès le premier ou les trois premiers stades de la succession. Ce sont les familles qui regroupent les espèces étroitement spécialisées aux milieux herbacés - Motocillidés, Alaudidés -. qui disparaissent rapidement du pool de la richesse sectorielle.

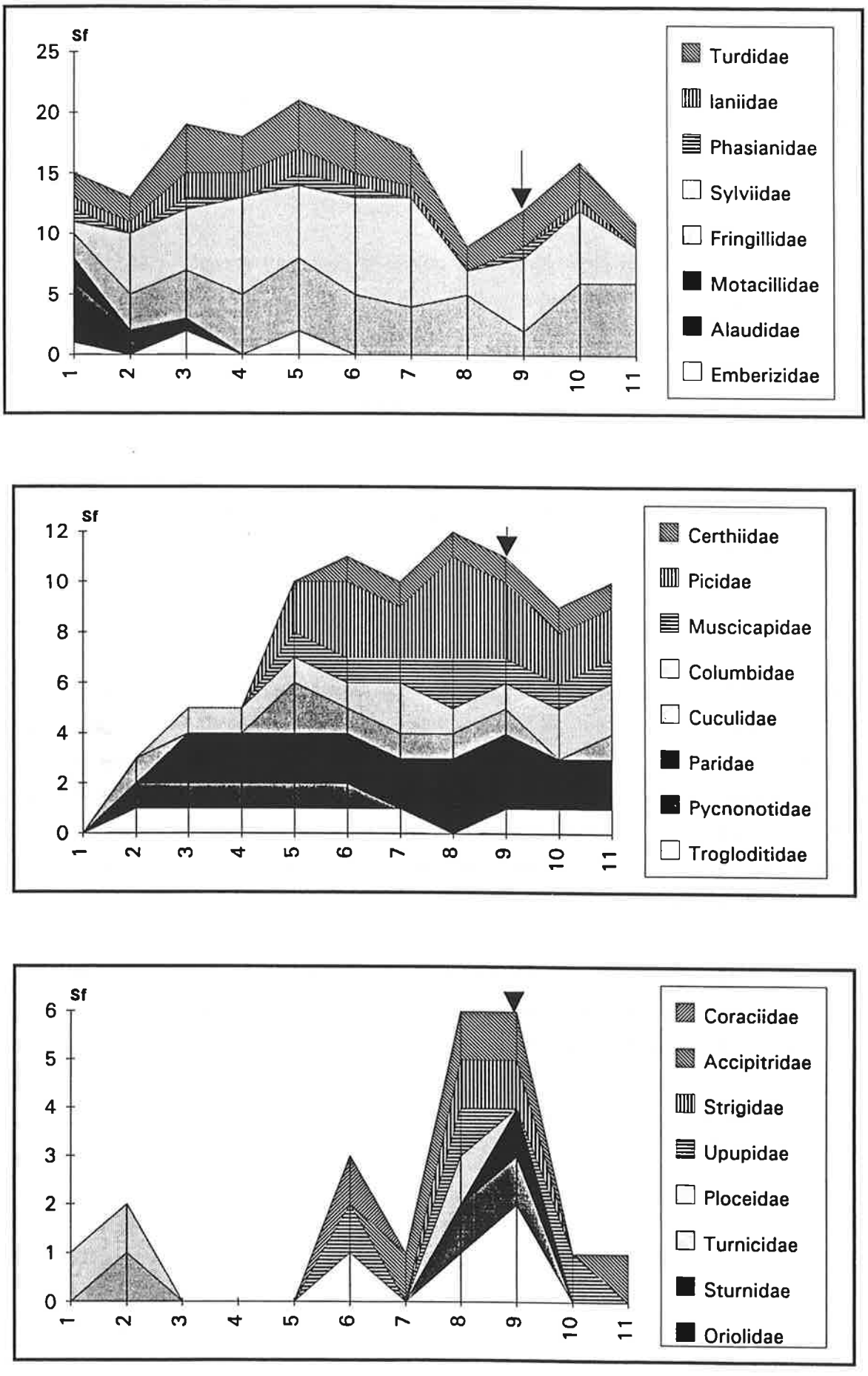


Figure 27 : Evolution des familles quantifiées en richesse, le long de la succession.

La seconde concerne les familles dont la richesse augmente dans les stades ligneux ouverts et semi-ouverts, puis décline dans les milieux forestiers fermés. Ces familles comprennent les espèces généralistes mais dont le préférendum se localise plutôt dans les maquis. Les Sylviidés y tiennent, bien entendu la place la plus importante. Ceux-ci sont surtout représentés par le groupe des fauvettes dont 5 espèces cohabitent dans ce type de milieux : Fauvette mélanocéphale, grisette, orphée, pitchou à tête noire.
Les Turdidés y sont également bien représentés puisqu'ils comptent 4 espèces dans les maquis : Le Merle noir, le Rouge-gorge, le Rossignol philomèle et le Traquet oreillard. Le passage aux forêts élimine le Traquet oreillard et le Rossignol alors que la Grive draine fait son apparition.
Les Fringillidés perdent une partie de leur richesse au terme de la succession puisqu'ils ne sont plus représentés que par 2 espèces contre 5 à 6 dans les maquis.
D'une manière générale, leur thermophilie constitue une des principales causes de leur désaffection des forêts d'altitude.
Notons également une tendance similaire chez les Laniidés, représentés par le Tchagra et la Pie-grièche à tête rousse, qui ne pénètrent presque jamais dans les forêts.

Le troisième cas de figure concerne les familles à large distribution mais dont la richesse augmente dans les milieux forestiers. Ce sont les familles composées d'espèces arboricoles. Elle concerne également les familles qui apparaissent dès que le milieu devient franchement forestier. On y retrouve les Paridés, qui gagnent une espèce, la Mésange noire, dès que l'on passe aux forêts d'altitude ; les Muscicapidés qui gagnent également une espèce, le Gobe-mouches noir, dans les mêmes milieux ; les Picidés dont le plus grand nombre d'espèces est observé dans la subéraie d'altitude. A ces familles s'ajoutent celles, spécialistes des milieux forestiers, comme les Accipitridés, les Strigidés, les Oriolidés, les Sturnidés et les Corvidés. D'une manière générale, ces dernières ne sont représentées que par une ou tout au plus, 2 espèces.

Le 4ème cas de figure concerne les familles qui se caractérisent par une richesse peu ou pas fluctuante. Elles sont généralement représentées par une seule espèce à large distribution Troglodytidés, Pycnonotidés et Certhiidés.

1.8.2. Evolution des familles quantifiées en biomasse consommante BCf :

Si la quantification des familles en espèces permet d'avoir une indication sur l'évolution de leur richesse respective, elle présente néanmoins l'inconvénient d'accorder le même poids à chaque espèce. Elle masque par conséquent l'importance du rôle fonctionnel que peut jouer un groupe d'espèces dans un milieu, que l'on peut cependant inférer à partir de leur biomasse consommante.
De ce point de vue, la figure 28 révèle une toute autre vision du phénomène successionnel.
La figure 28 A révèle d'emblée le rôle majeur des Sylviidés dans la totalité des maquis. Nous l'avons vu, ils constituent en moyenne à eux seuls près de 60 % de la biomasse consommante de ces milieux.

En outre, 3 autres familles, les Fringillidés, les Turdidés et les Troglodytes constituent l'essentiel de la biomasse consommante des peuplements des maquis.

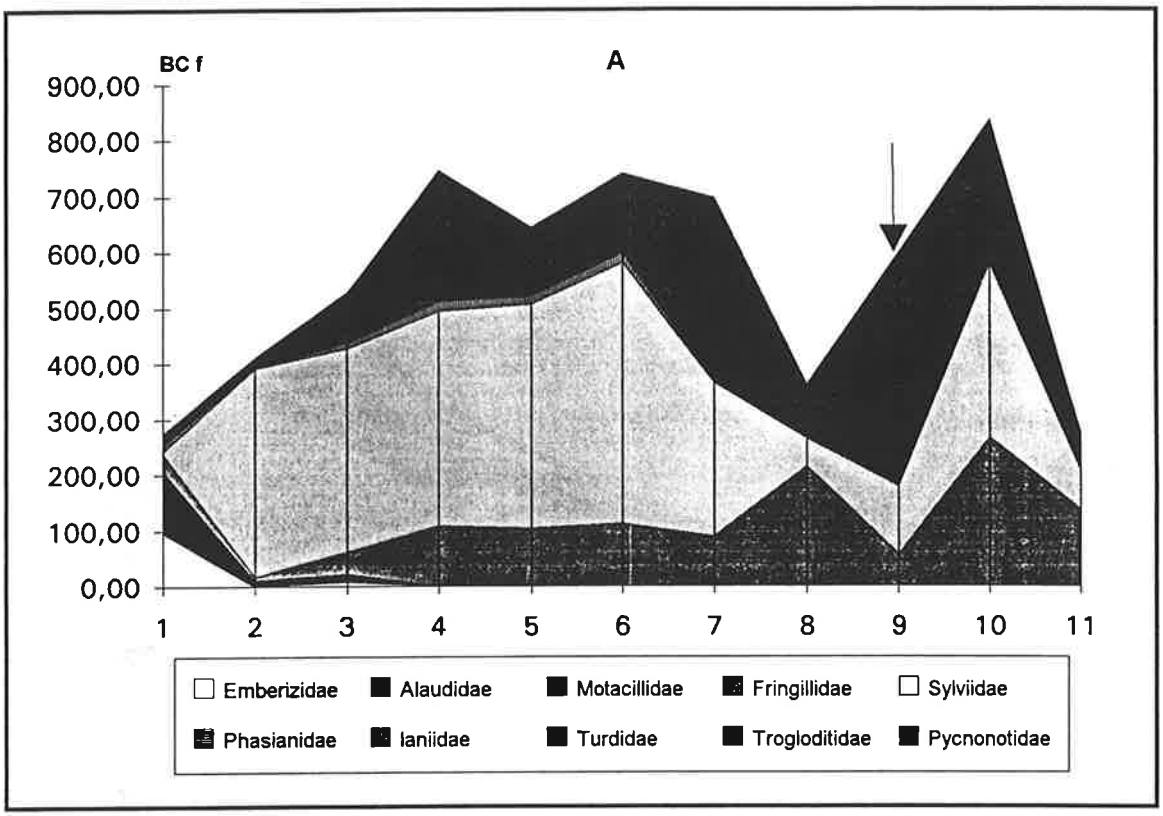


Fig 28 A : Evolution des familles quantifiées en biomasse consommante le long de la succession

La transition maquis-forêts se solde pour les Sylviidés, par une réduction drastique de leur participation à la biomasse consommante des peuplements. Ce phénomène s'accompagne d'une sensible augmentation de celle des Turdidés en relation avec une modification des conditions d'humidité du sous-bois et une augmentation de l'épaisseur de la litière. Notons qu'au niveau du stade 8 (subéraie sans sous-bois) la réduction de la contribution des Turdidés est à mettre en rapport avec l'absence de la strate buissonnante. Cette famille réalise, en définitive, sa plus forte contribution à la biomasse consommante, dans le stade le plus mûr de la succession, ici la zénaie, conformément aux observations de Ferry (1960) en Bourgogne.

Après avoir manifesté une certaine constance de leur biomasse consommante, les Fringillidés révèlent une augmentation de ce paramètre uniquement dans la subéraie d'altitude, grâce au fait, à la forte contribution du Gros-bec. Ils ne représentent plus, au terme de la succession, qu'une faible part de la biomasse consommante totale.

La figure 28 B illustre clairement l'augmentation de la contribution à la biomasse consommante totale des peuplements des oiseaux arboricoles en général, et cavernicoles en particulier. En effet, Certhiidés, Picidés et Paridés se caractérisent par une nette augmentation de leur biomasse consommante respective lors du passage des maquis, où ils représentent une faible fraction de la biomasse.

consommante des peuplements, aux forêts où ils atteignent, avec la zénaie, leur biomasse consommante maximale.

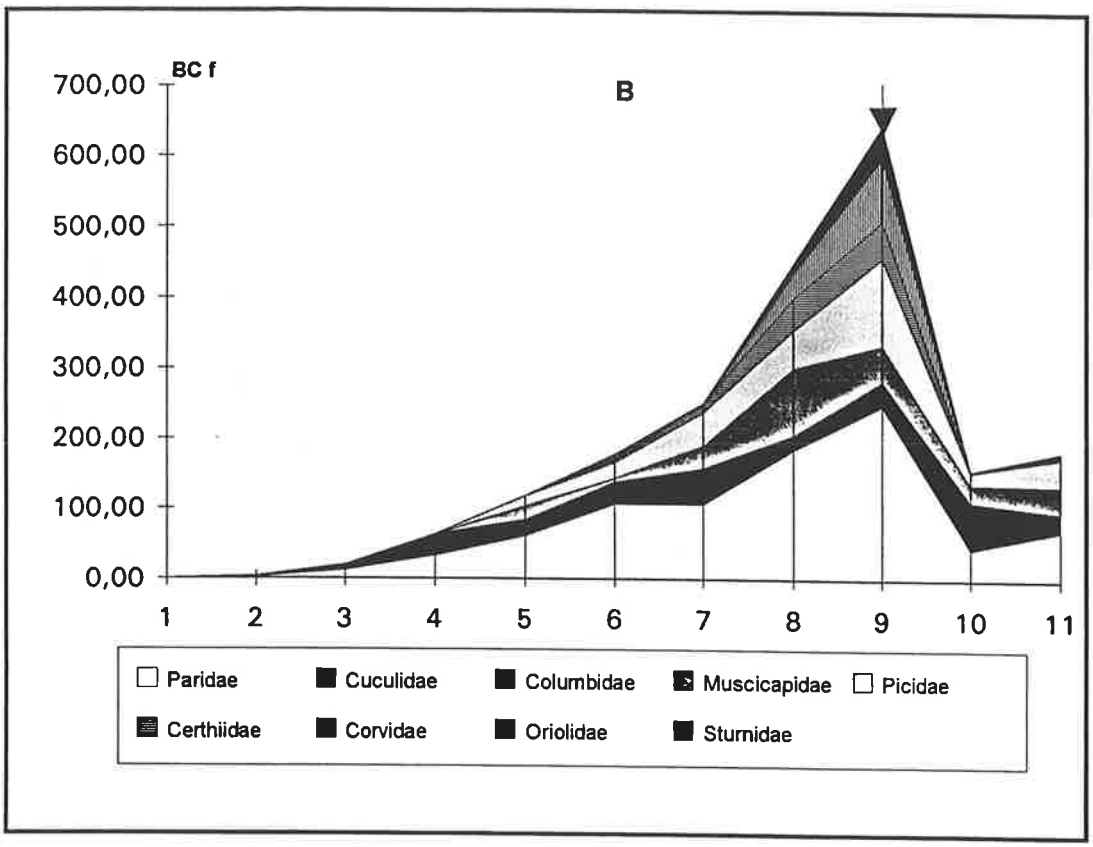


Figure 28 B: Evolution des familles quantifiées en biomasse consommante, le long de la succession.

Précisons cependant, comme l'a fait remarquer Frochot (1971), que les valeurs des biomasses ne concernent que les couples (ou supposés tels) dénombrés, à l'exclusion de la fraction des individus en surplus (individus non cantonnés, immatures d'espèces de grande taille, poussins....) dont les effectifs sont difficiles à recenser.

Nous retiendrons que, en dehors des pelouses qui représentent un cas un peu particulier, où dominent les Alaudidés et les Embérizidés, les milieux ligneux de type maquis sont largement dominés par le poids fonctionnel des Sylviidés. Ceux-ci sont surtout représentés par le groupe des Fauvettes.
Par ailleurs, une avifaune ubiquiste (Turdidés - Troglodytidés) également inféodée à la strate buissonnante, y occupe une place fonctionnelle importante. Celle-ci tend à se renforcer lorsque les milieux forestiers remplacent les maquis. Ce type de milieu héberge également une avifaune à affinité forestière dont la contribution à la biomasse consommante totale reste faible. Cette contribution augmente très vite lors de la transition maquis-forêt, pour culminer dans le dernier stade de la succession.

1.9. Evolution des catégories trophiques en espèces et en biomasse consommante :

Les catégories trophiques constituent un moyen intéressant d'analyser les changements qui interviennent dans les peuplements d'oiseaux, en rapport avec les modifications de la structure de la végétation. Elles permettent avec un nombre limité d'éléments (les catégories trophiques), de mesurer à partir des modifications que l'on observe dans la structure des régimes alimentaires des peuplements d'oiseaux, l'influence de la végétation.
La définition du régime alimentaire d'une espèce et, partant, la structure trophique d'un peuplement, ne concerne que la période durant laquelle l'échantillonnage a été réalisé, c'est-à-dire le printemps. Elle ne préjuge en rien quant des modifications qui interviennent à des saisons différentes.

La figure 29 A illustre le phénomène du point de vue de la richesse des différentes catégories trophiques. On y observe que les granivores dominent dans les milieux herbacés en représentant 64 % des espèces. Ce sont essentiellement des Alaudidés, des Embérizidés et des Fringillidés. Le passage aux milieux ligneux voit leur richesse diminuer et l'apparition des frugivores, des polyphages ainsi que l'augmentation de la richesse des insectivores, qui dominent désormais.
A mesure que l'on progresse dans la succession, se mettent en place de nouvelles catégories trophiques. Les insectivores corticoles (Pics-Grimpereau) se manifestent avec l'apparition des premiers arbres, c'est-à-dire dès le stade 5, et atteignent leur maximum de richesse dans les stades murs de la succession. C'est également dans ces stades qu'apparaissent les oiseaux à régime alimentaire carné (Strigidés et Accipitridés), conformément à l'augmentation de la fonction prédatrice le long des successions (Blondel, 1976).
De même, les frugivores manifestent une tendance à l'augmentation de richesse en bout de succession.

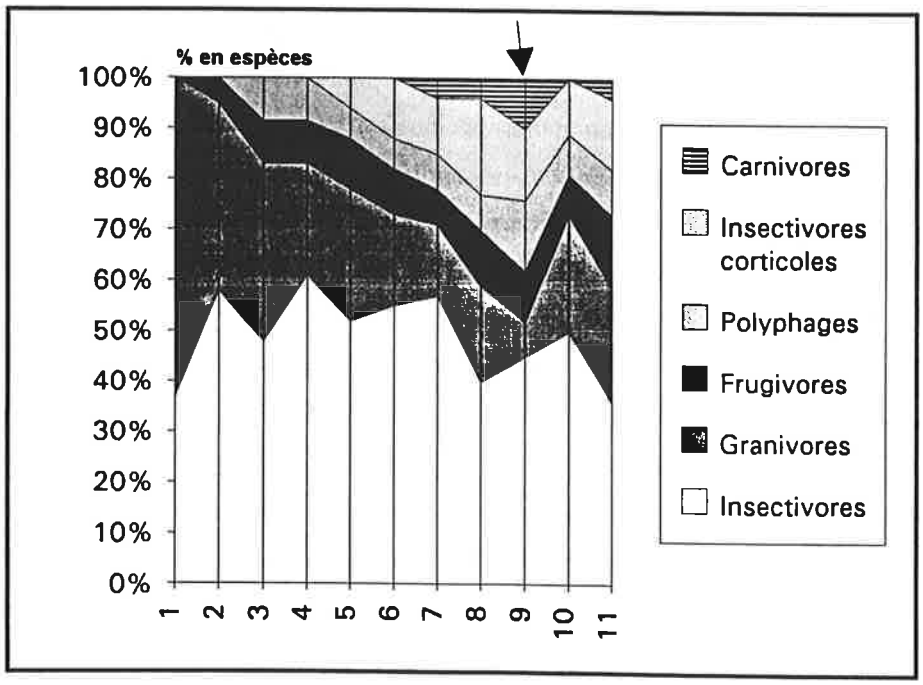


Fig 29 A : Evolution des catégories trophiques quantifiées en espèces, le long de la succession.

La figure 29 B illustre le même phénomène vu sous l'angle des biomasses. Elle révèle la grande dominance des granivores dans les pelouses qui représentent cette fois plus de 80 % de la biomasse consommante, puis la diminution de leur contribution relative le long de la succession.
Quant aux insectivores, ils constituent l'essentiel des catégories trophiques dans les maquis tout en manifestant une tendance à la baisse de leur rôle fonctionnel, consécutive au renforcement de celui des autres catégories trophiques.

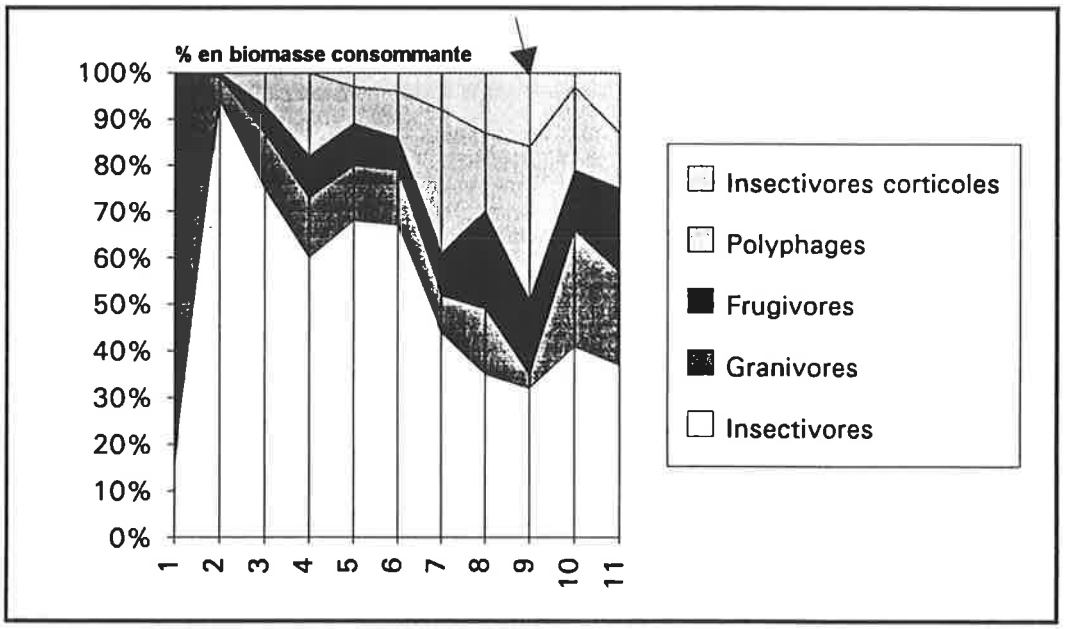


Fig. 29 B : Evolution des catégories trophiques quantifiées en biomasses consommantes, le long de la succession.

Nous notons en effet, une tendance globale à l'augmentation des polyphages, essentiellement représentés par les Turdidés, depuis les stades ligneux bas jusqu'au terme de la succession. Cette tendance à l'augmentation est marquée par 2 minima ; au niveau des maquis arborés dont la strate buissonnante est peu favorable, car peu dense et surtout peu humide, et au niveau de la subéraie d'altitude à cause de l'absence de sous-bois. Quant aux insectivores corticoles, on remarque nettement leur réaction au vieillissement de la strate arborée, à travers l'augmentation de leur contribution dans les vieux stades de la succession. Ce phénomène est également bien perceptible pour les frugivores.

D'une manière générale, c'est à partir du premier stade forestier, en l'occurrence la subéraie de plaine, que se produit une modification sensible de la structure trophique des peuplements. C'est en effet, à partir de ce milieu que les insectivores ne dominent plus par leur biomasse consommante. La dominance étant ici comprise dans le sens où cette catégorie trophique représentait plus de 50 % de la biomasse consommante. C'est également à partir de là que nous assistons à l'augmentation sensible de la contribution des polyphages, des frugivores et des insectivores corticoles ; autant de catégories trophiques que nous qualifierons de forestières.

Le processus général d'évolution des catégories trophiques que nous venons d'examiner, recoupe plusieurs observations faites par des auteurs européens.
Beckwith (1954) cité par Prodon (1988), note comme nous la dominance des granivores dans les premiers stades post-culturaux de la succession, sans préciser toutefois, si ces stades sont à dominante herbacée. Puis la dominance des insectivores dans les stades intermédiaires et enfin celle des régimes mixtes (polyphages) dans les stades murs. En outre, Constant et al. (1973) toujours cités par Prodon (op. cit.), notent la diminution continue des insectivores, mais observent un maximum de granivores à des stades ultérieurs.
L'augmentation de la contribution des frugivores dans les stades mûrs recoupe les observations de Ferry et Frochot (1980). Ces auteurs y voient une augmentation de l'ornithochorie à travers celle des oiseaux disperseurs de propagules.

La diminution du rôle des granivores ne peut être dû qu'à la nature de la végétation. Dans les stades ligneux, l'essentiel de la production de propagules est sous forme de fruits (lentisque, myrte, philaire, arbouse) dans les maquis ; (mûres, glands...) dans les forêts. Dans ces milieux, la strate herbacée est relativement réduite, la production de graines y est donc proportionnellement beaucoup plus faible.

Enfin, l'augmentation de la contribution des insectivores corticoles est à mettre en rapport avec leur étroite dépendance vis à vis de la strate arborée, dont la densité et l'âge sont des facteurs qui déterminent puissamment leur présence et leur abondance.

1.10. Vue générale sur l'évolution de l'avifaune le long de la succession :

Nous avons procédé au calcul de l'amplitude d'habitat AH et du barycentre écologique g des espèces, afin de les situer les unes par rapport aux autres, en précisant en quelque sorte, avec ces paramètres, leur position relative dans le gradient successionnel. Les calculs de AH et g ont été réalisés à partir des valeurs des I.P.A. au lieu de celles des densités. Les résultats sont strictement équivalents dans la mesure où les I.P.A. d'une même espèce sont comparables d'un milieu à l'autre. En outre, cela nous permet de calculer ces paramètres pour toutes les espèces de la succession.
La prise en compte de l'amplitude d'habitat et du barycentre écologique combinés à l'abondance maximale des espèces, va nous permettre de regrouper puis de distinguer un ensemble d'espèces caractéristiques d'un milieu ou d'un type de milieu.

Le tableau 24 regroupe l'ensemble des données et permet de définir 5 groupes d'espèces.

Tableau 24 : Amplitude d'habitat AH et barycentre écologique g des 70 espèces recensées par I.P.A.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	AH	g
Alouette calandrelle	0,03									1	1
Alouette des champs	1,08									1	1
Alouette lulu	0,23									1	1
Pipit rousseline	0,35									1	1
Bergeronnette printanière	0,8									1	1
Traquet pâtre	0,33									1	1
Bruant proyer	2,85		0,25							1,32	1,16
Caille des blés	0,55		0,05							1,33	1,17
Cisticole des joncs	0,50	0,10								1,57	1,17
Cochevis de Theklae	0,65	0,38								1,93	1,37
Cochevis huppé	1,73	0,08	0,60							2	1,53
Moineau domestique	0,1	0,28								1,78	1,74
Turnix d'Andalousie		0,15								1	2
Agrobate roux		0,13								1	2
Fauvette à lunettes		0,10								1	2
Pie grièche à tête rousse	0,18			0,08	0,10					2,82	2,78
Traquet oreillard	0,15	0,08	0,10			0,10				3,89	2,81
Linotte mélodieuse	0,30	0,08	0,43	0,55	0,20	0,25				4,56	3,56
Bulbul gris		0,08	0,40	0,50	0,50	0,15				4,21	4,15
Fauvette mélanocéphale		3,7	3,88	3,08	3,53	4	1,13			5,67	4,19
Hypolaïs polyglotte			0,45	0,10	0,35	0,15	0,05			3,9	4,32
Bruant zizi			0,05		0,10					1,89	4,33
Chardonneret	0,78	0,08	0,23	0,18	0,78	0,55	0,28	0,30		6,52	4,37
Fauvette pitchou		0,65	0,13	0,53	0,83	0,95				4,39	4,42
Rossignol philomèle			0,45	1,43	0,63	0,80	0,10			4	4,6
Téléphone tchagra		0,08	0,33	0,55	0,45	0,63	0,10			4,91	4,71
Bruant fou					0,10					1	5
Coucou geai					0,08					1	5
Rubiette de moussier					0,05					1	5
Fauvette grisette			0,13	0,10	0,08	0,10			0,10	4,94	5,27
Verdier				0,73	0,35	0,50	0,15	0,15		4,2	5,28
Tourterelle des bois			0,45	0,55	0,35	0,40	0,50			4,65	5,28
Fauvette passerinette		0,08					0,18			1,85	5,46
Fauvette orphée				0,55	0,15	0,05	0,50		0,05	3,43	5,54
Troglodyte		0,3	0,78	2,03	1,10	1,05	1,60		1,93	6,21	5,85
Rollier d'Europe						0,03				1	6
Torcol					0,20	0,25		0,10		2,82	6

.../...

.../...

Perdrix gambra					0,08	0,08			0,03	2,77	6,05
Serin cini			0,05	0,15	0,43	0,50	0,45	0,78		4,84	6,48
Fauvette à tête noire			0,25	1,18	0,60	0,50	2,57		1,58	4,7	6,54
Pinson des arbres		0,10	0,55	1,35	1,20	1,43	1,95	2,98	1,48	6,58	6,58
Gobe-mouches gris					0,28	0,08	0,45	0,35		3,51	6,75
Pouillot véloce				0,25		0,13	0,05		0,35	3,32	6,77
Merle noir			0,10	1,05	0,45	0,45	1,6	0,73	1,78	5,54	6,9
Hypolaïs pâle							0,13			1	7
Mésange charbonnière		0,05	0,13	0,30	0,85	1,53	1,28	2,13	1,45	5,8	7,02
Mésange bleue			0,15	0,48	0,60	1,08	1,30	1,78	2,13	5,67	7,23
Pouillot de bonelli				0,05		0,83	1,65	1,70	0,20	3,45	7,25
Rouge-gorge			0,40	0,33	0,15	0,65	2,13		2,60	4	7,27
Coucou gris		0,03			0,10	0,20	0,15	0,30	0,35	4,96	7,4
Huppe fasciée						0,1		0,53		1,55	7,68
Pic épeiche					0,08	0,10	0,38	0,33	0,75	3,81	7,96
Gros bec					0,05			0,65	0,13	1,92	7,98
Moineau soulcie								0,60		1	8
Epervier d'Europe							0,10	0,05	0,10	2,69	8
Hibou petit duc								0,05		1	8
Pigeon ramier							0,15	0,05	0,18	2,69	8,08
Roitelet triple bandeau							0,53	0,35	0,88	2,80	8,2
Grimpereau brachydactyle						0,10	0,58	1,83	2,10	2,91	8,29
Pic de levaillant						0,10	0,15	0,18	0,85	2,71	8,39
Gobe-mouches noir								2,10	1,50	1,97	8,42
Pic épeichette								0,23	0,20	1,99	8,47
Grive draine								0,65	0,58	1,99	8,47
Geai des chênes						0,13		0,53	1,33	2,23	8,54
Loriot d'Europe								0,25	0,33	1,98	8,57
Mésange noire								0,55	2,25	1,64	8,80
Chouette hulotte									0,08	1	9
Etourneau unicolore									0,15	1	9
Grand corbeau									0,08	1	9
Bec croisé des sapins											

Le groupe 1 contient les espèces dont l'amplitude d'habitat est proche de 1 et dont le barycentre est inférieur à 2. Ce sont les espèces spécialistes des milieux herbacés (Cisticole des joncs, Cochevis de Thekla, Cochevis huppé, Bruant proyer, Caille des blés). Certaines d'entre elles sont encore présentes dans les tous premiers stades ligneux, mais elles n'y réalisent que de faibles abondances.

Le groupe 2 caractérise le maquis bas avec la présence du Turnix d'Andalousie, de l'Agrobate roux et de la Fauvette à lunette. Cette caractérisation n'a cependant, qu'une valeur secondaire, compte-tenu de l'importance de l'amplitude d'habitat de la majeure partie des espèces qui constituent le peuplement de ce biotope et qui devraient plutôt le rattacher au groupe important des maquis. La distinction a été maintenue dans le seul but de mettre en relief la présence d'espèce qui sont étroitement inféodées à un biotope marqué par le degré le plus important de dégradation de la végétation ligneuse.

Le groupe 3 contient 23 espèces dont 3, le Bruant fou, le Rollier d'Europe et la Rubiette de Moussier, peuvent être considérées comme accidentelles et 1, le Coucou geai, comme rare. Le reste est constitué d'espèces à large amplitude d'habitat, qui peuvent être observées dans les forêts, mais dont le centre de gravité se localise dans les maquis, $2,78 \leq g \leq 6,05$. On y note la présence de la plupart des fauvettes du genre Sylvia, des Fringillidés comme le Verdier, la Linotte mélodieuse, le Chardonneret, les Laniidés (Tchagra, Pie-grièche à tête rousse) le Bulbul gris, le Traquet oreillard... bref, une avifaune que l'on qualifiera de thermophile.

Le groupe 4 compte 15 espèces dont l'amplitude d'habitat est également importante puisqu'elle déborde sur les maquis, mais dont le barycentre, $6,48 \leq g \leq 7,98$, se situe plutôt dans les forêts. Nous retrouvons dans ce groupe d'espèces, que nous qualifierons de sylvatiques, des espèces liées à la strate arborée (Serin cini, Pinson des arbres, Gobe-mouches gris, Mésange charbonnière, Mésange bleue, Pic épeiche) et des espèces liées à la strate buissonnante, lorsqu'elle prend l'aspect d'un sous-bois (Fauvette à tête noire, Rouge-gorge, Merle noir).

Le groupe 5 contient les espèces dont la présence est liée au développement de la strate arborée, et qui réalisent leur maximum d'abondance dans les vieux stades de la succession (Roitelet tripe-bandeau, Grimpereau brachydactyle, Pigeon ramier, Pic de Levaillant), mais également celles dont la présence est déterminée par l'altitude (Mésange noire, Gobe-mouches noir, Moineau soulcie, Grive draine). Ces milieux sont en outre caractérisés par la présence d'oiseaux de grande taille (Grand corbeau, Chouette hulotte). Le Pic épeichette, le Loriot, l'Etourneau unicolore ne caractérisent pas vraiment ces biotopes, puisqu'ils sont également présents en plaine dans les aulnaies ou les ripisylves.

Ce canevas de distribution des espèces le long de la succession met en évidence un fait majeur : l'importance de la plasticité écologique d'une grande partie du pool sectoriel des espèces, vis à vis de l'habitat. Le remplacement des espèces est, certes, total du début à la fin de la succession, mais il existe un important noyau d'espèces qui exploite la majorité des stades successionnels, tout en se

localisant préférentiellement, selon leurs performances éco-morphologiques, soit dans les milieux ouverts ou semi-ouverts, c'est-à-dire les maquis, soit dans les milieux forestiers au sens strict. Ce phénomène est illustré d'une façon différente par la figure 30. Celle-ci montre la variation, d'un stade successionnel à l'autre, de l'amplitude moyenne d'habitat calculée par la relation AHi = Σ AHj x dij)/Di. i étant un stade de la succession. j une espèce du peuplement du stade i. D la densité de ce peuplement (Muller, 1985).

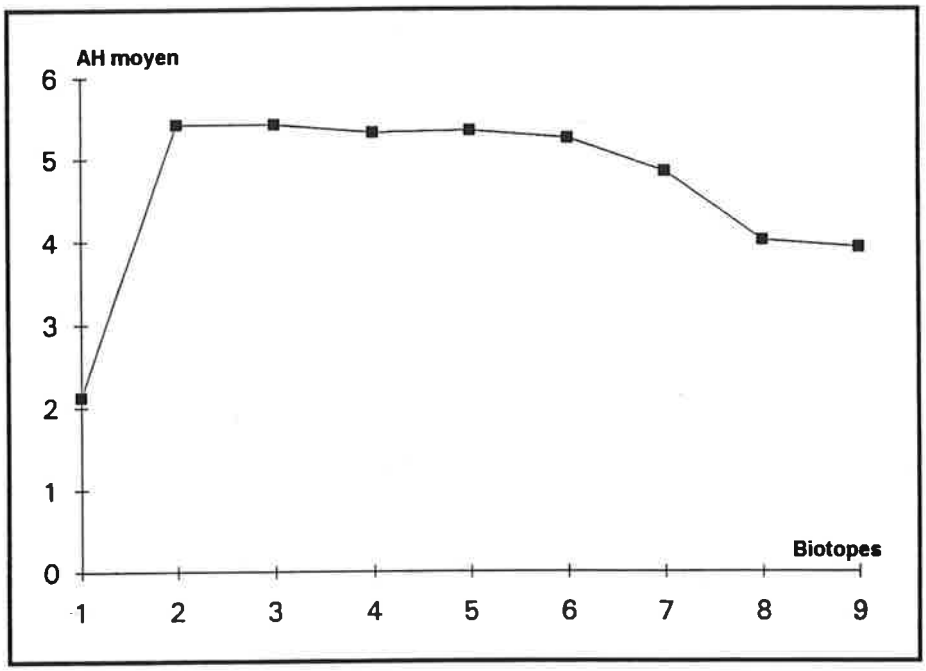


Fig 30 : Evolution de l'amplitude moyenne d'habitat par stade successionnel.

L'amplitude moyenne d'habitat se caractérise par une brusque augmentation de sa valeur lors de la transition milieux herbacés - milieux ligneux. Elle manifeste ensuite une remarquable stabilité tout le long de la succession des maquis, pour décliner à partir des stades forestiers de plaine et atteindre des valeurs encore plus faibles dans les forêts d'altitude.

Riche d'enseignements, cette courbe traduit tout d'abord le degré de spécialisation de l'avifaune aux 2 extrémités du gradient. Phénomène successionnel classique.

Elle révèle ensuite le degré plus élevé de spécialisation de l'avifaune des milieux herbacés dont l'amplitude moyenne d'habitat est quasiment moitié moindre de celle de l'avifaune des forêts mûres. Les oiseaux des milieux herbacés seraient ainsi en moyenne, plus liés à leur biotope que ceux des forêts. Ce phénomène met encore en relief le caractère original de l'avifaune des pelouses.

Les stades intermédiaires, c'est-à-dire les maquis, sont ceux dont l'avifaune manifeste la plus grande plasticité écologique vis à vis du milieu. Ce caractère ubiquiste mis en évidence par les grandes valeurs de AH, trahit une faible différenciation des peuplements de ces milieux.

La transition des maquis aux stades forestiers est marquée par une diminution de la valeur moyenne de AH et traduit l'apparition d'une avifaune moins ubiquiste que la précédente. Son degré de spécialisation se fait de plus en plus important à mesure que l'on se rapproche du terme de la succession.

1.11. Similitude des peuplements :

Nous avons analysé la similitude des peuplements de chaque stade de la succession par le coefficient de corrélation de point.

Le dendrogramme de la figure 31 exprime les différents degrés de similitude entre les peuplements et recoupe d'une certaine manière, les analyses précédentes.

En effet, la strate 1 est complètement démarquée du reste de la succession constitué par les ligneux. Cela révèle, une fois de plus, l'originalité de son peuplement, dont nous avons vu que les espèces étaient les plus sténotopes.

Le graphe opère ensuite une partition des ligneux en 2 groupes ; le premier est constitué des maquis au sens large (stade 2-3-4-5-6), le second, des milieux forestiers (stade 7-8-9). Dans le groupe des maquis, nous notons cependant, que le stade 2 c'est-à-dire le maquis bas, affiche une certaine originalité par rapport aux 4 autres. Celle-ci tient probablement, essentiellement au fait qu'il partage quelques espèces avec les pelouses (Cochevis de Thekla, Cochevis huppé, Cisticole des joncs...) et à la présence d'espèces qui lui sont propres (Turnix d'Andalousie, Fauvette à lunettes, Agrobate roux). Notons également que le stade 4, maquis haut, se rapproche plus du stade 6, maquis à strate arborée dense, que du stade 5, maquis à strate arborée claire. Ce phénomène recoupe ce que nous avions constaté précédemment à propos de la valeur de certains paramètres.

Le groupe des forêts est divisé en forêt de plaine (stade 7) et en forêts d'altitude (stade 8 et 9). La partition n'est pas négligeable puisque le degré de similitude est inférieur à celui qui caractérise en moyenne, les maquis.

Cette partition et due à la présence exclusive dans les derniers stades de la succession d'espèces comme le Gobe-mouches noir, la Mésange noire, le Loriot, la Grive draine...

Les forêts d'altitude font elles-mêmes l'objet d'une partition (stade 8 et stade 9) provoquée par la présence, dans chaque milieu, d'espèces qui lui sont propres.

Huppe fasciée, Hibou petit-duc, Gobe-mouches gris, Moineau soulcie et quelques fringilles dans la subéraie d'altitude ; Etourneau unicolore, Grand corbeau, Chouette hulotte, Troglodyte, Rouge-gorge... dans la zénaie.

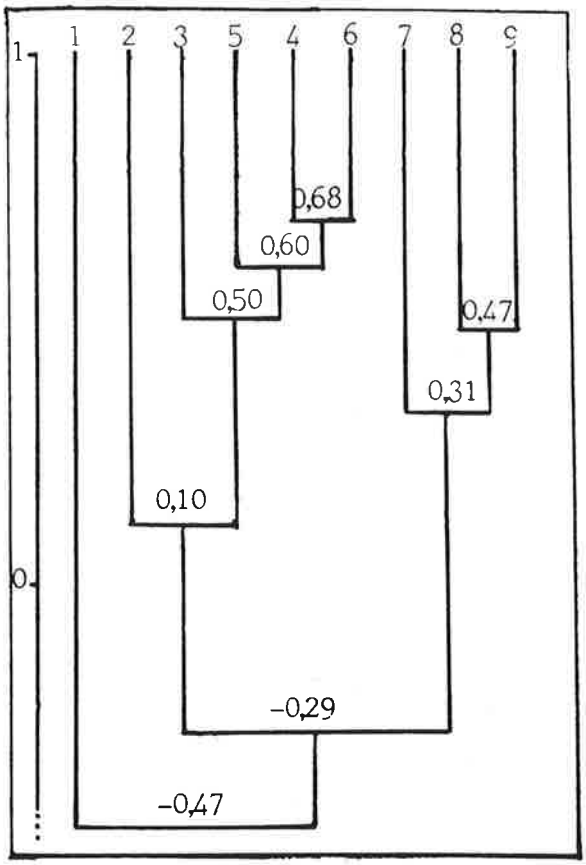


Figure 31: Dendrogramme des similitudes des 9 peuplements. Les chiffres renvoient aux degrés de similitude.

Ainsi, le dendrogramme des niveaux de similitude des stades de la succession, recoupe à de nombreux égard les observations que nous avions précédemment effectuées. Il souligne la distinction entre les milieux herbacés et les ligneux.

D'autre part, il opère un regroupement des maquis et les distingue, d'une part des pelouses et, d'autre part, des milieux forestiers. Ceux-ci sont également divisés en forêts de plaine et en forêts d'altitude, lesquelles, se caractérisent également par une certaine originalité avifaunistique.

2 - ETUDE DE LA DYNAMIQUE DE L'AVIFAUNE LE LONG DE LA SUCCESSION PAR L'ANALYSE DES CORRESPONDANCES : SYNTHESE GENERALE :

Les résultats présentés dans cette partie sont extraits du travail réalisé en collaboration avec D. Chessel, dans le cadre du programme P.I.R.E. Le lecteur est prié de bien vouloir trouver en annexe les diverses caractéristiques (inertie totale, valeurs propres...) des résultats dont nous ne présenterons que l'essentiel.

Nous avons choisi de soumettre à l'analyse des correspondances une matrice 220 relevés x 48 espèces. Celle-ci est tirée de la matrice 220 relevés x 70 espèces recensées par I.P.A. (cf tableau 6) et convertie en densité par multiplication de l'I.P.A. de chaque espèce par le coefficient de conversion correspondant.

Ainsi, seules les espèces dont la densité était connue ont été retenues (tableau 25).

Le résultat de cette analyse diffère peu, dans sa structure d'ensemble, de celle réalisée sur les I.P.A. Cependant, quelques nuances se révèlent dans les coordonnées factorielles des espèces qui nous ont incité à tenir compte des densités, qui sont des valeurs comparables entre espèces, plutôt que des I.P.A. dont la spécificité introduit un certain manque de rigueur dans l'analyse.

Ce choix est de plus motivé par le souci de soumettre aux analyses ultérieurs, relatives à la comparaison de notre succession à celles d'Europe, des données de même nature, en l'occurrence, des espèces assorties de leurs densités.

1	COCO	Caille des blés	25	SYAT	Fauvette à tête noire
2	COPA	Pigeon ramier	26	SYHO	Fauvette orphée
3	STTU	Tourterelle des bois	27	SYCO	Fauvette grisette
4	CUCA	Coucou gris	28	SYME	Fauvette mélanocéphale
5	PIVI	Pic de Levaillant	29	SYUN	Fauvette pitchou
6	PIMA	Pic épeiche	30	PHCO	Pouillot véloce
7	PIMI	Pic épeichette	31	PHBO	Pouillot de Bonelli
8	JYTO	Torcol	32	REIG	Roitelet triple bandeau
9	GACR	Cochevis huppé	33	MUST	Gobe-mouches gris
10	GATH	Cochevis de Thekla	34	FIHY	Gobe-mouches noir
11	ALAR	Alouette des champs	35	PAMA	Mésange charbonnière
12	LUAR	Alouette lulu	36	PACA	Mésange bleue
13	ANCA	Pipit rousseline	37	PAAT	Mésange noire
14	MOFL	Bergeronnette printanière	38	CEBR	Grimpereau des jardins
15	PYBA	Bulbul gris	39	MICA	Bruant proyer
16	TCSE	Téléphone tchagra	40	COCR	Gros-bec
17	LASE	Pie-grièche à tête rousse	41	CACH	Verdier
18	TRTR	Troglodyte	42	CACR	Chardonneret
19	TUVI	Grive draine	43	CACN	Linotte mélodieuse
20	TUME	Merle noir	44	SESE	Serin cini
21	SATO	Traquet pâtre	45	FRCO	Pinson des arbres
22	LUME	Rossignol philomèle	46	STUN	Etourneau unicolor
23	ERRU	Rouge-gorge	47	ORIOR	Loriot d'Europe
24	CIJU	Cisticole des joncs	48	GAGL	Geai des chênes

Tableau 25 : *code des taxons du tableau 220 relevés - 48 espèces*

En outre, aux 9 stades de la succession, nous avons rajouté les 2 milieux artificiels que constituent la pineraie et l'eucalyptaie et ce, afin de les situer dans le contexte écologique dont ils font partie.

En plus de son contenu avifaunistique, chaque relevé est caractérisé par 8 variables de milieu, dont 7 concernent l'architecture de la végétation et 1 l'altitude.

1 - Altitude (m), 2 - Hauteur totale de la strate arborée (m), 3 - Hauteur de la première branche (m), 4 - Recouvrement de la strate arborée (%), 5 - Hauteur de la strate buissonnante (m), 6 - Recouvrement de la strate buissonnante (%), 7 - Hauteur de la strate herbacée (m), 8 - Recouvrement de strate herbacée (%).

Les 220 relevés sont uniformément répartis en 11 strates, constituant autant de biotopes, à raison de 20 relevés par biotope.
a - Pelouses, b - Maquis bas, c - Maquis moyen, d - Maquis haut, e - Maquis à strate arborée claire, f - Maquis à strate arborée dense, g - Subéraie avec sous-bois, h - Subéraie sans sous-bois, i - Zénaie, j - Pineraie à Pin maritime, k - Eucalyptaie.

La figure 32 représente la projection des espèces (en haut) et des relevés (en bas) sur le plan 1-2 de l'analyse factorielle des correspondances. L'axe 1 isole les pelouses des ligneux. Ceux-ci sont ordonnés le long de l'axe 2 selon l'ordre b-c-e-d-f-j-k-g-i-h.

La séparation des pelouses du reste du gradient par l'axe 1 confirme le caractère original que nous avons relevé à plusieurs reprises, de ce milieu. Nous avons vu en effet, que son peuplement se caractérisait d'une part, par la présence d'espèces très spécialisées et que sa structure se démarquait de celle des milieux suivants, dans l'ordre successionnel, par une distribution d'abondance plus équilibrée.
Nous avons également évoqué la possibilité que ces caractéristiques tenaient probablement à une instabilité saisonnière cyclique de ce type de milieu, à laquelle ces espèces seraient particulièrement adaptées.
L'ordination des stades ligneux le long de l'axe 2, traduit clairement une réponse de l'avifaune le long du gradient de complexité croissante de la végétation.
Cette ordination ne cadre pas exactement avec la stratification que nous avons réalisée préalablement à l'échantillonnage et qui reflétait le point de vue du phytoécoloque ou du forestier. Nous remarquons en effet, que la strate d est intercalée entre la strate e et f (confirmant les niveaux de similitude exprimés par le dendogramme de la figure 31). Nous avons vu que cette strate, en l'occurrence le maquis haut, se caractérisait par un peuplement dont le degré d'organisation est plus élevé que celui du maquis à strate arborée claire qu'il précède pourtant dans l'ordre successionnel que nous avons considéré. Ce qui relève d'une erreur d'appréciation de la position d'une strate, a été révélé de manière incontestable par le"point de vue de l'avifaune".

A l'extrémité de l'axe 2, sont positionnées la zénaie et la subéraie sans sous-bois alors qu'au centre, nous retrouvons la pineraie, l'eucalyptaie et la subéraie avec sous-bois. Nous sommes bien face

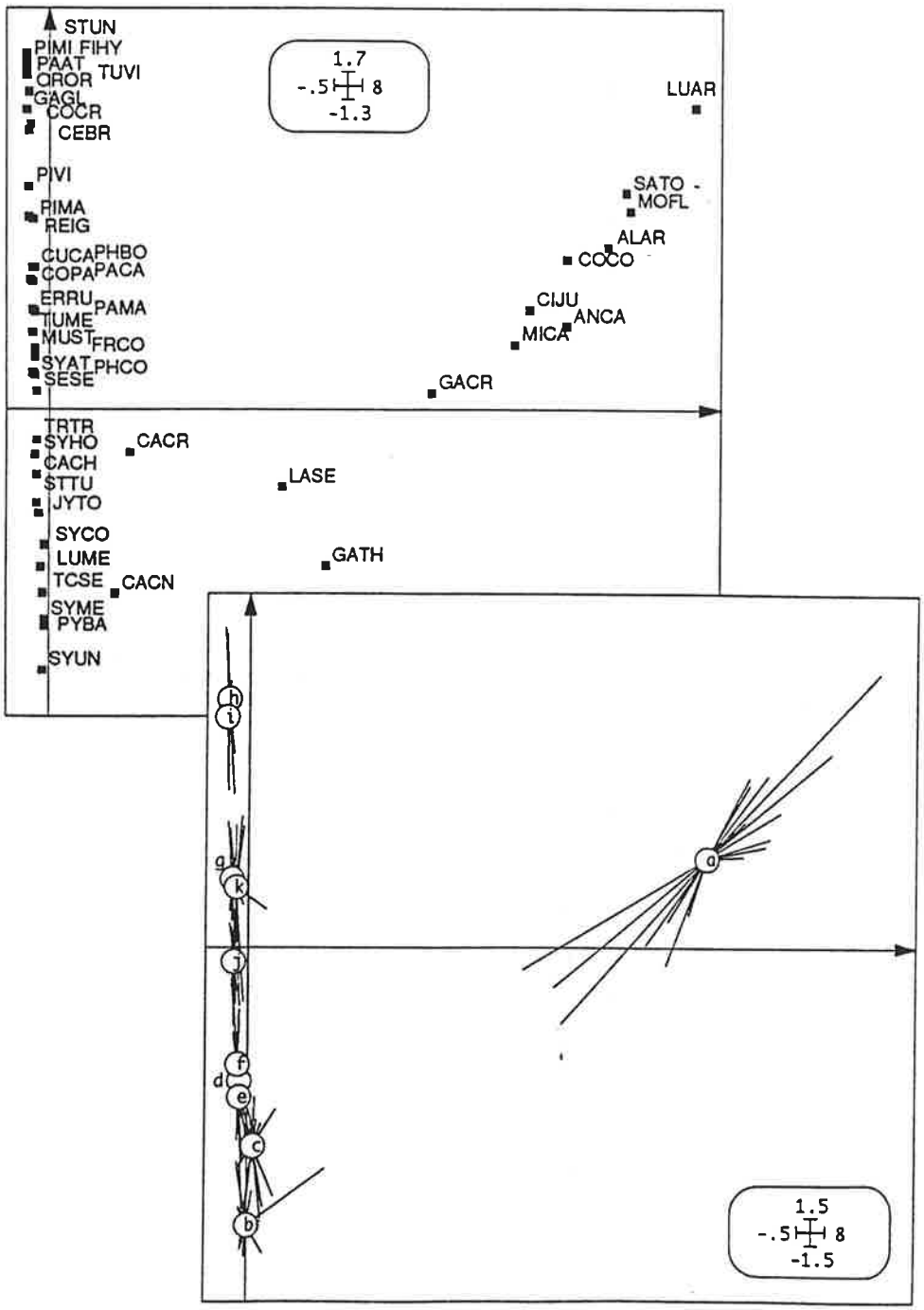


Figure 32 : *Plans 1-2 de de l'analyse des correspondances du tableau Dens (220-48).*

globalement, à une ordination des milieux ligneux, traduisant un gradient de structure de la végétation, dans le sens maquis bas - forêts.

A cet égard, l'expérience se distingue de celle de Blondel et al. (1988) et Prodon et Lebreton (1981), dans la mesure où nos milieux herbacés ne s'inscrivent pas de la même manière dans le gradient. Il se pourrait également que ce phénomène soit dû à la différence de structure de la végétation de ce milieu, entre les expériences européennes et la notre. Nos pelouses sont, en effet, quasiment exemptes de buissons ; alors que dans les expériences européennes, ces milieux en contiennent une quantité non négligeable.

La figure 32 (haut) révèle que l'avifaune restitue fidèlement la structure d'ensemble de l'ordination des strates. Les pelouses se caractérisent par un contenu avifaunistique original (Alouette lulu, Traquet pâtre, Alouette des champs, Pipit rousseline, Bergeronnette printanière). La transition avec les milieux ligneux est assurée par quelques espèces qui se nourrissent dans les milieux herbacés mais qui nichent dans les ligneux (Chardonneret, Linotte, Pie-grièche à tête rousse) mais également par celles qui nichent et se nourrissent en milieu herbacé et qui s'infiltrent dans les ligneux bas (Cochevis de Thekla). Au sein des ligneux, le reste des espèces s'ordonne le long du gradient ouvert-fermé.

la séparation des pelouses du reste du gradient, nous a conduit à éliminer cette strate dans le cadre des analyses suivantes. Nous avons soumis à l'A.F.C, uniquement les strates ligneuses, du maquis bas à la zénaie. 1 seul facteur semble interprétable (cf annexe), le second n'étant probablement qu'un effet Guttman sur le premier ; rejoignant en cela les expériences européennes. La figure 33 (bas) révèle une ordination des strates basses (b-c-d..) aux strates hautes (i-h).

Nous notons que les maquis arborés (e-f) se démarquent quelque peu des maquis non arborés (b-c-d). L'A.F.C. met en fait en relief, l'homologie des maquis arborés (e et f) qui diffèrent peu par leur contenu avifaunistique, et une certaine originalité de leur peuplement avien par rapport au reste des maquis (b-c-d). Ils sont tous néanmoins opposés, malgré l'effet Guttman, par l'axe 2, aux milieux forestiers au sens strict, (j à la limite g-k-i-h).

L'eucalyptaie est très proche de la subéraie avec sous-bois alors que ce sont des milieux très différents. La subéraie g a une structure de végétation très différente de celle de l'eucalyptaie k. Cependant, nous avons vu que le peuplement de cette dernière était pauvre et peu dense mais que sa composition spécifique était typiquement forestière. Nous avons vu également que les eucalyptus étaient plantés dans d'anciens maquis jouxtant des subéraies dégradées ou pas. Il est donc probable que leur peuplement soit directement le reflet de celui de ces dernières. La pineraie se positionne à la charnière du gradient maquis - forêts, très vraisemblablement à cause de la dominance de la Fauvette mélanocéphale dans son peuplement.

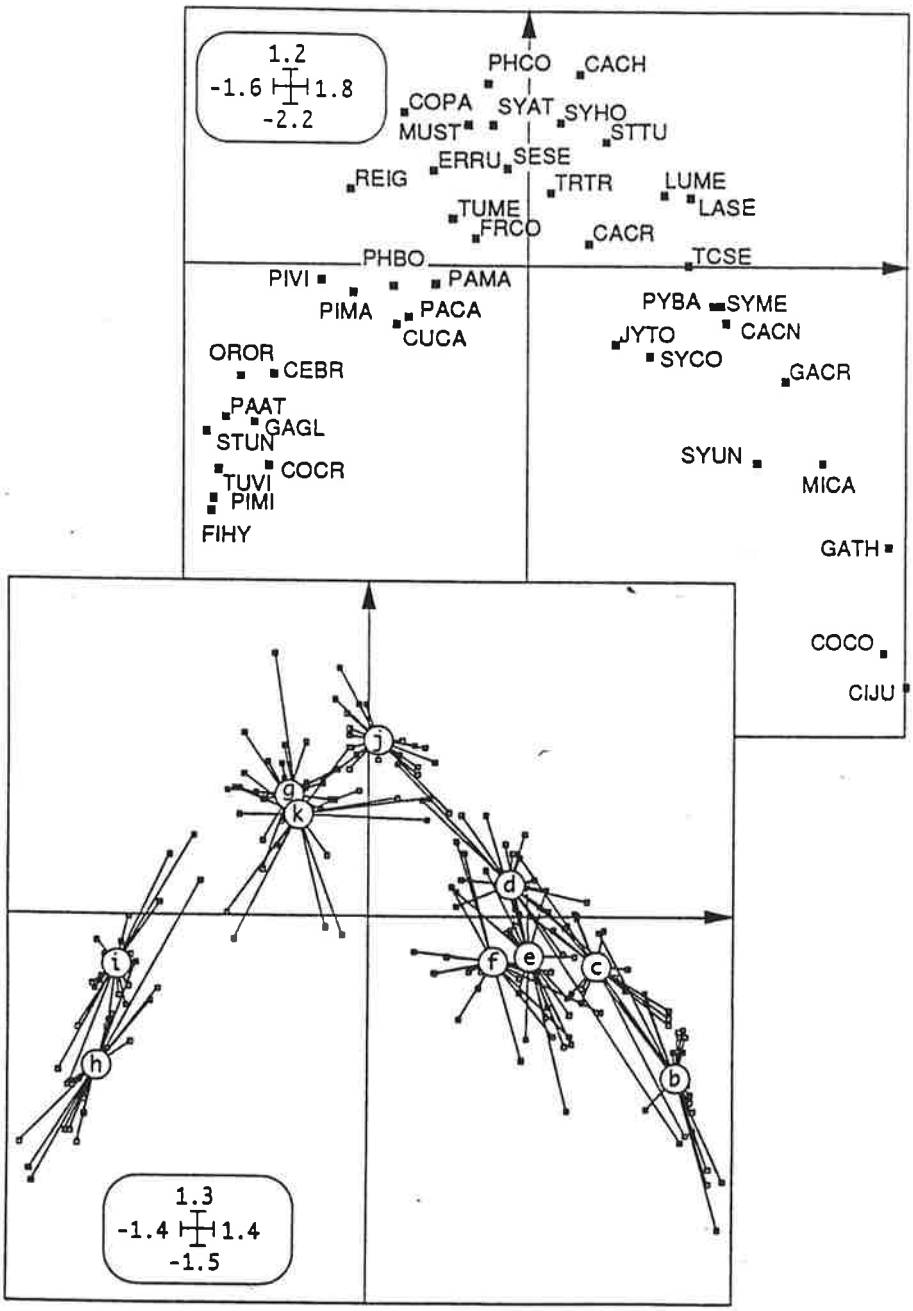


Figure 33 : *Plans 1-2 de l'analyse des correspondances du tableau D (220-.43).*

La figure 33 (haut) illustre le gradient à travers l'avifaune. L'axe 1 étire le nuage de points selon la même structure d'ensemble que les milieux. On note à l'extrémité du gradient la présence de la Cisticole des joncs, de la Caille des blés, du Cochevis de Thekla et du Bruant proyer. Ces espèces traduisent le caractère ouvert et bas du milieu. Ce sont en fait, des espèces qui réalisent leur maximum d'abondance dans les pelouses, mais qui réussissent à s'infiltrer dans les tous premiers stades des ligneux, et qu'elles caractérisent en somme.

Ces espèces sont opposées à celles qui sont strictement confinées aux forêts de bout de gradient, à l'opposé de l'axe 1, c'est-à-dire le Gobe-mouches noir, le Pic épeichette, la Grive draine, l'Etourneau unicolore, la Mésange noire...

Les espèces de milieux bas sont remplacées, le long du gradient par un groupe, limité sur la carte factorielle, par le point représentatif de la position de la Fauvette pitchou, en bas, et celui du Verdier, en haut. Ce groupe représente les espèces associées aux milieux ligneux ouverts et semi-ouverts. Le cas du Verdier étant quelque peu particulier dans la mesure où cette espèce, caractérise certes les milieux ouverts, mais réalise en même temps son maximum d'abondance dans la pineraie. Ce groupe est caractérisé par la présence de la Tourterelle des bois, du Rossignol philomèle, du Tchagra, du Bulbul gris, des Fauvettes mélanocéphale, pitchou, grisette, orphée... Lui succède un 3ème groupe constitué des espèces qui caractérisent surtout les milieux forestiers, avec la présence du Pigeon ramier du Roitelet triple-bandeau, du Pic de Levaillant, du Gobe-mouches noir, des Mésanges charbonnière, bleue et noire, du Rouge-gorge...

Ainsi l'avifaune restitue remarquablement le gradient de complexité de la végétation.

La figure 34 illustre l'ordination des relevés en fonction de leur contenu avifaunistique et celle des espèces en fonction du nombre de relevés dans lesquels elles se trouvent. Elle permet de procéder à une analyse de la diversité taxonomique des relevés et de l'amplitude d'habitat des espèces. Nous remarquerons essentiellement dans la figure 34 B, la faible diversité des relevés du début de succession correspondant à ceux du maquis bas, puis la relative constance de la diversité du reste des relevés. Notons cependant, une légère baisse de la diversité des relevés situés dans les 3/4 supérieurs de l'ordination et qui correspondent très probablement aux relevés de l'eucalyptaie. Nous retiendrons de la figure 34 D la spécialisation des espèces des 2 extrémités du gradient. Dans les milieux bas, la Cisticole des joncs, le Cochevis de Thekla, la Caille des blés.... dans les milieux hauts, l'Etourneau unicolore, le Pic épeichette, le Gobe-mouches noir.

Entre ces 2 groupes extrêmes, s'ordonnent une série d'espèces à large amplitude d'habitat mais dont l'ordination privilégie en quelque sorte le préférendum.

Du bas vers le haut sont positionnées d'abord les espèces à large amplitude d'habitat mais à préférendum maquis ; (Fauvette pitchou, Linotte mélodieuse, Bulbul gris, Fauvette mélanocéphale...) leur succèdent les espèces à large amplitude d'habitat mais dont le préférendum est de plus en plus forestier ; (Pouillot véloce, Pinson des arbres, Merle noir, Mésange charbonnière, Roitelet triple-bandeau...). L'ordination reproduit globalement celle que nous avons réalisée dans le tableau 24.

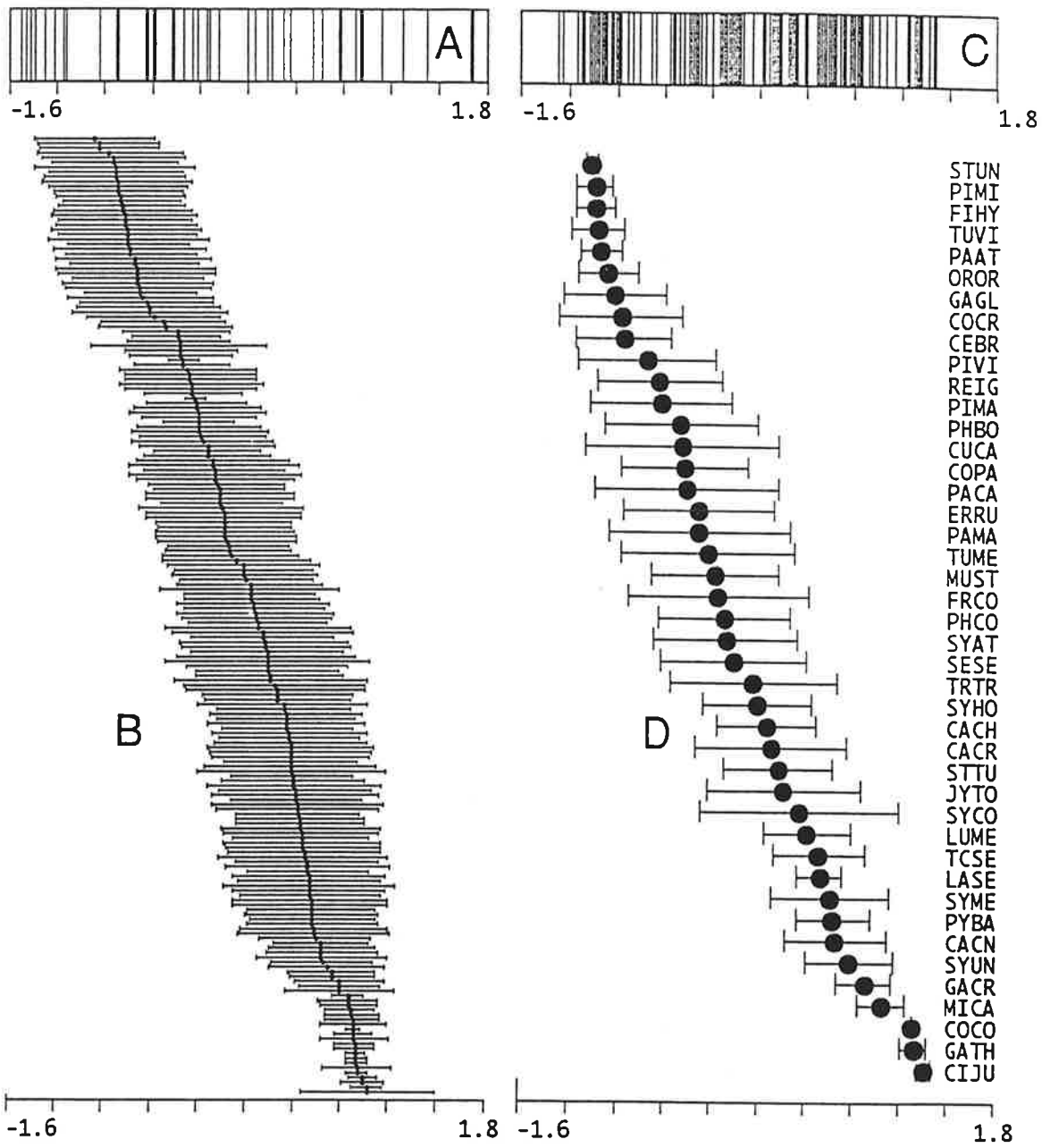


Figure 34 : *Ordination réciproque des espèces et des relevés par l'analyse des correspondances du tableau D (200-43). La figure est obtenue par deux passages dans Tab-MeanVar.*

A ce point de l'analyse, il est nécessaire de comprendre de quelle manière les variables de milieux expliquent le gradient mis en évidence par le code F1 de l'A.F.C. En faisant la régression multiple du F1 de l'A.F.C. sur les variables de milieux (Fig. 35) on trouve une corrélation R^2 = 0,90, forte, traduisant la bonne prévisibilité que les variables mesurées, donnent globalement de ce facteur (cf. annexes).

L'analyse de co-inertie entre les variables de milieu et les espèces révèle une action différentielle de ces variables sur l'avifaune. La figure 36 indique sans ambigüité le rôle joué par les variables dans

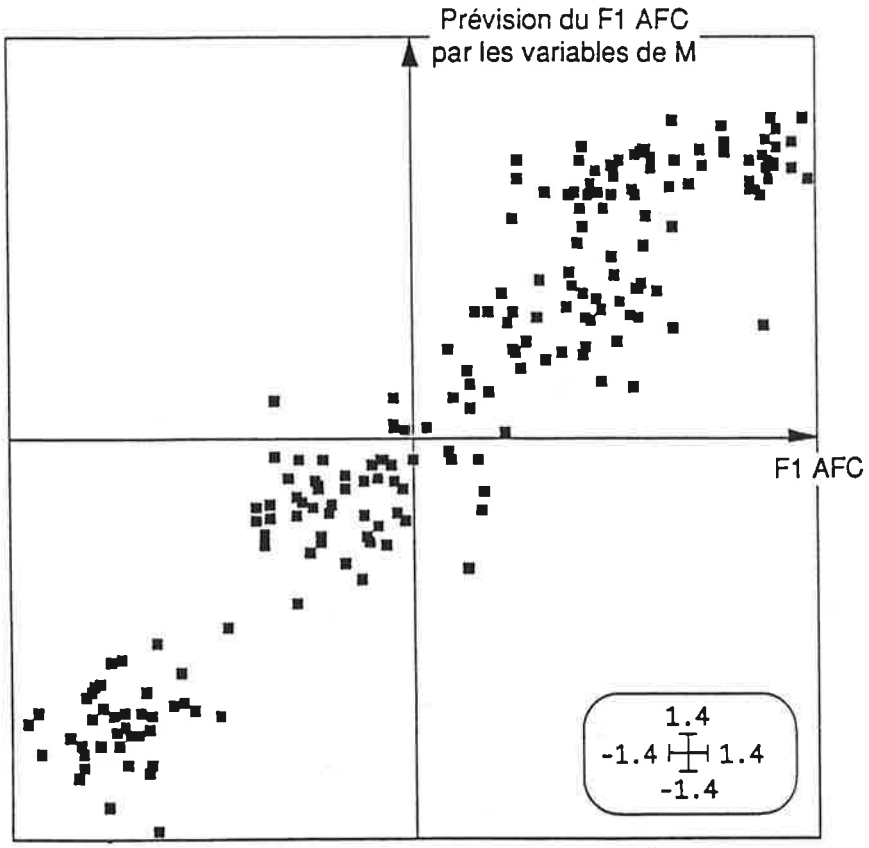


Figure 35 : *Liaison entre le facteur 1 de l'AFC de D et sa prévision par les variables de M.*

l'organisation de l'avifaune le long de la succession. Le recouvrement et la hauteur de la strate buissonnante déterminent la présence et la distribution de nombreuses fauvettes (orphée, mélanocéphale, grisette, pitchou), du Rossignol, de la Tourterelle des bois, du Tchagra, du Bulbul gris, de la Pie-grièche à tête rousse... Ce sont les espèces que nous avons qualifiées de thermophiles, fréquentant surtout les maquis.

Le recouvrement et la hauteur des arbres déterminent la présence du groupe d'espèces constitué par le Pigeon ramier, le Roitelet triple-bandeau, la Mésange charbonnière, le Pinson des arbres, le Gobe-mouches gris....

La présence dans ce groupe, du Rouge-gorge et du Merle noir, indique que ces espèces ont tendance à réaliser leur maximum d'abondance dans le sous-bois des milieux dont le recouvrement et la hauteur des arbres est important ; phénomène que nous avions déjà relevé.

Notons la position intermédiaire de la Fauvette à tête noire, du Pouillot véloce et du Serin cini qui peuvent réaliser de grandes abondances, aussi bien dans les maquis haut, que dans les Forêts proprement dites.

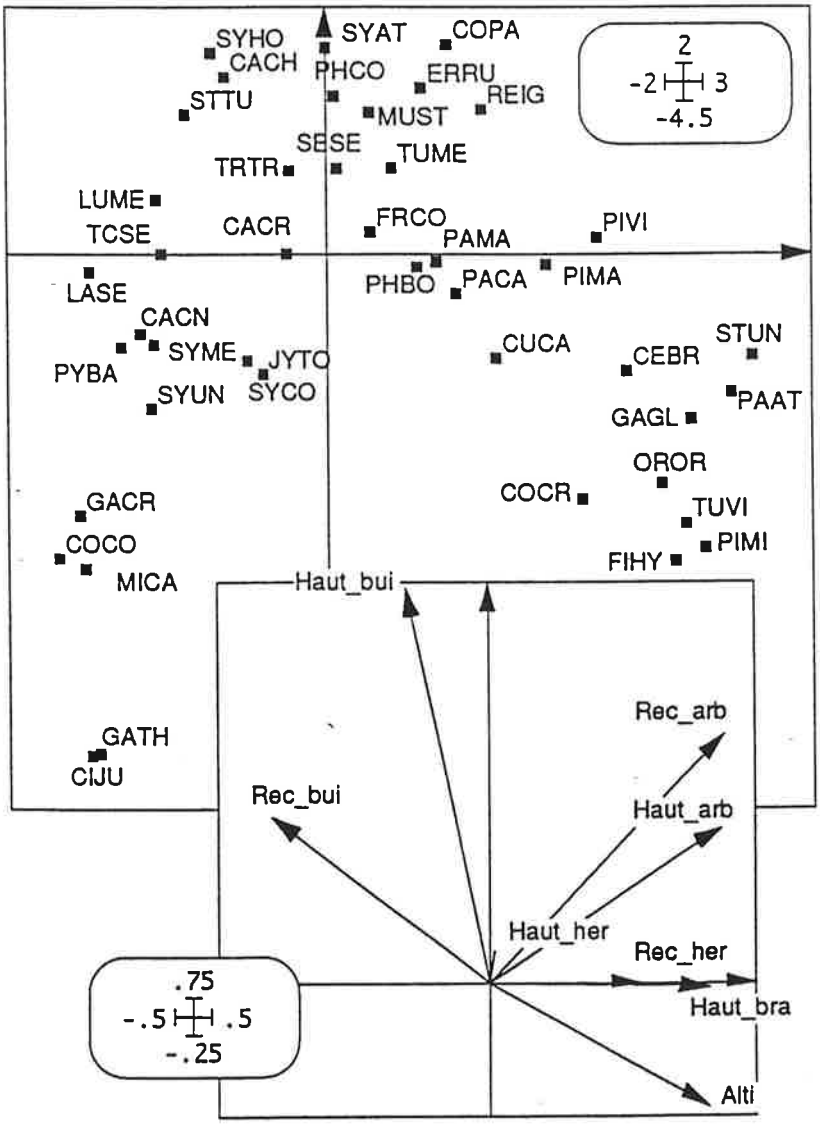


Figure 36 : *Poids des espèces et des variables dans la constitution des codes pseudo-canoniques.*

Le caractère arboré de la formation, constitue également le principal facteur de l'installation des Pics. L'altitude joue un rôle déterminant dans l'organisation de l'avifaune puisqu'elle détermine la présence de nombreuses espèces (Gobe-mouches noir, Mésange noire, Loriot, Grive draine, Geai des chênes, Pic épeichette). C'est également dans les forêts d'altitude que des espèces comme le Coucou gris, le Grimpereau brachydactyle et le Gros-bec réalisent leur maximum de densité.

La figure 37 illustre la concordance entre la distribution des variables de milieu et la distribution de l'avifaune par l'analyse de co-inertie. Cette concordance conduit à une partition de la structure d'ensemble en 5 groupes distincts.

Le groupe A ne contient que la strate b c'est-à-dire le maquis bas. L'isolement de ce biotope est induit par la présence d'espèces spécialistes, en l'occurrence le Cochevis de Thekla, la Cisticole des joncs et le Cochevis huppé. Si Cette partition rejoint celle à laquelle nous avons abouti dans le tableau 24, elle en diffère cependant, par l'identité des espèces qui l'ont motivé. En effet, dans le tableau 24, le maquis bas se distinguait par la présence d'espèces qui étaient propres (Turnix d'Andalousie, Agrobate roux, Fauvette à lunettes), ces espèces ayant été exclues de l'analyse des correspondances. La partition que nous observons dans la présente analyse est provoquée par la présence d'espèces qui ne le caractérisent que dans le contexte successionnel étudié, c'est-à-dire la série du Chêne-liège à l'exclusion de la strate herbacée. Or, c'est justement dans cette dernière strate, que les 2 cochevis et la cisticole réalisent leur maximum d'abondance, leur présence dans le maquis bas n'étant que marginale. Elle a suffi pourtant à lui conférer un caractère original que nous considérons comme mineur car il n'est pas exclu que la présence de ces espèces soit uniquement due à la présence des pelouses dans la mosaïque de milieux de la région. La majorité des espèces de ce biotope font partie du pool des espèces à large amplitude d'habitat. Par conséquent, cette strate aurait dû faire partie du groupe B, c'est-à-dire, des maquis. Naturellement ce qui vient d'être dit ne réduit en rien la puissance de la méthode statistique utilisée. Celle-ci a parfaitement traduit le jeu de données qui lui ont été soumis.

Le groupe B rassemble les strates c-d-e-f, c'est-à-dire le maquis moyen, le maquis haut, le maquis à strate arborée claire et le maquis à strate arborée dense.
De fait, les maquis sont isolés des forêts. Cette partition des maquis nous renvoie à l'analyse que nous avons faite à propos du rôle de la strate arborée lorsqu'elle est superposée à un milieu de type maquis. Nous avons vu que son influence reste secondaire. Cette influence que nous avons qualifiée de qualitative permet la présence d'une avifaune sylvatique mais à des niveaux d'abondance négligeables. Les peuplements de ces milieux étant essentiellement structurés par les maquis.
Ce groupe des maquis se caractérise par la présence dominante des fauvettes du genre Sylvia, de nombreux fringilles, du Bulbul, du Tchagra, du Rossignol... des espèces qui pénètrent peu ou pas dans les forêts. Ce sont les espèces de la moitié inférieure de l'ordination de la figure 34D.

Le groupe C regroupe les strates g-j-k c'est-à-dire la subéraie avec sous-bois, la pineraie et l'eucalyptaie. Ces 3 strates constituent les forêts de plaine. Elles se distinguent des strates précédentes par la présence d'espèces strictement sylvatiques comme le Pigeon ramier, le Roitelet triple-bandeau ; mais également par un groupe d'espèces à large amplitude d'habitat, qui pénètrent dans les maquis mais dont le préférendum est localisé dans les fôrets. Ce sont d'une part, les espèces arboricoles (Mésange charbonnière, Pinson des arbres, Gobe-mouches gris, Pic épeiche, Pouillot de Bonelli) et celle qui sont inféodées au sous-bois, d'autre part, (Merle noir, Rouge-gorge, Fauvette à tête noire).
Jusque là, la partition des milieux s'est faite sur la base du critère de complexité croissante de la végétation.

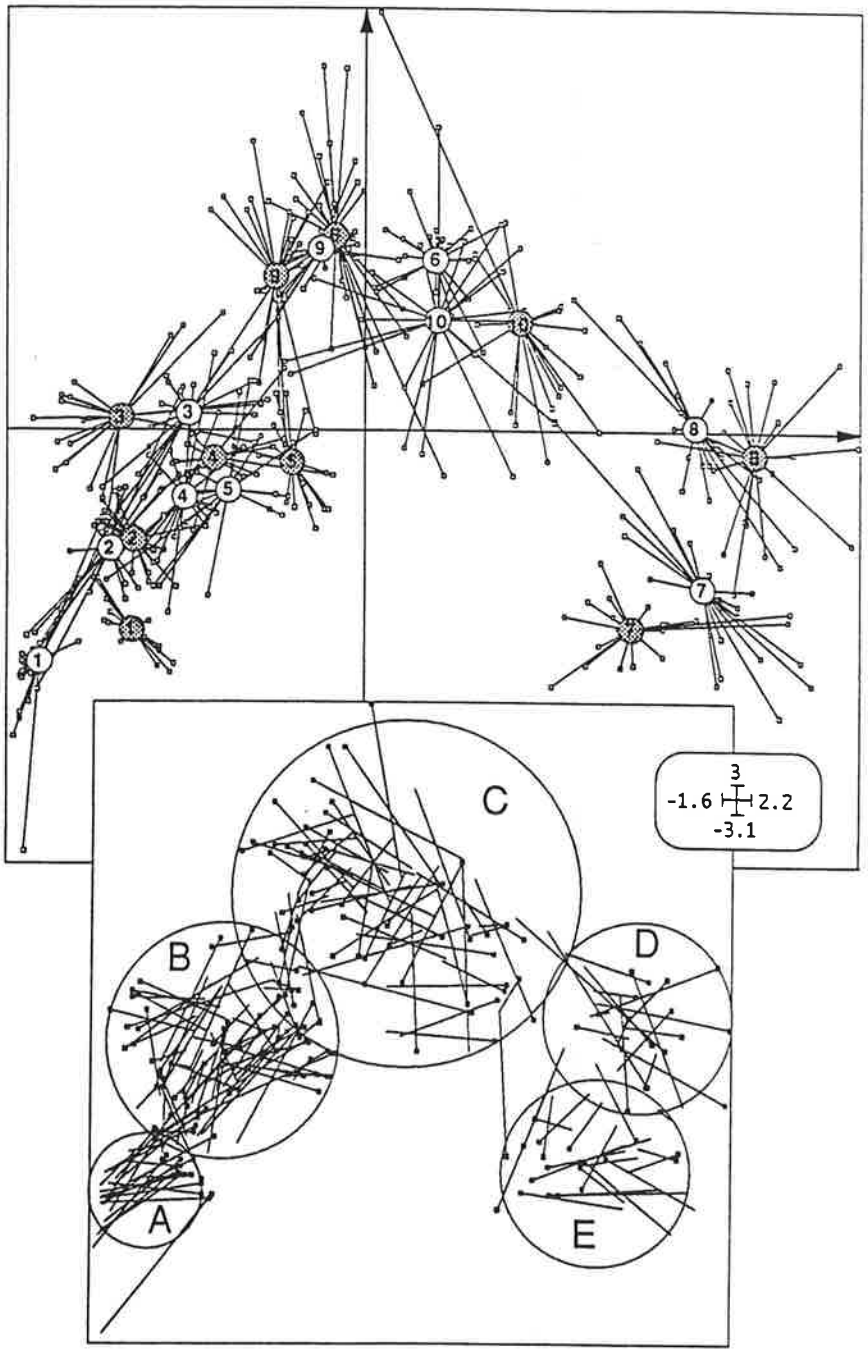


Figure 37 : *Comparaison des plans 1-2 de co-inertie. Chaque relevé est positionné deux fois, par la distribution des oiseaux et par les variables de milieu. En haut chaque point est rattaché à la moyenne de la strate à laquelle il appartient (cercle gris : milieu, cercle blanc : avifaune). En bas chaque point est relié à sa représentation par l'autre tableau (carré noir : milieu, extrémité du trait : avifaune). Code des strates : 1— Maquis bas, 2— Maquis moyen, 3— Maquis haut, 4— Maquis à strate arborée claire, 5— Maquis à strate arborée dense, 6— Subéraie à sous-bois, 7— Subéraie sans sous-bois, 8— Zénaie, 9— Pinéraie à pin maritime, 10— Eucalyptaie*

Les groupes D et E introduisent un élément de partition supplémentaire : l'altitude. Elle est à l'origine de la partition des forêts de plaine g-j-k de celles d'altitude i-h. Les groupes D et E se distinguent par une double spécificité sur le plan avifaunistique : la première réside dans la présence d'espèces, également visibles en plaines, mais qui réalisent leur maximum d'abondance dans les forêts d'altitude. Ce sont les espèces des stades forestiers mûrs dont la strate arborée est bien développée. Nous y retrouvons toutes les espèces corticoles et cavernicoles (Grimpereau brachydactyle, Pic épeichette, Pic de Levaillant, Pic épeiche, Geai des chênes, Mésange bleue, Gros-bec). La seconde réside dans la présence d'espèces que l'on n'observe jamais en plaine durant la saison de nidification (Mésange noire, Gobe-mouches noir, Grive draine).

La partition entre la zénaie (groupe D) et la subéraie d'altitude (groupe E) est provoquée par la différence de cortège faunistique entre ces 2 strates, due à l'absence de sous-bois dans la subéraie. Cette absence de sous-bois a en effet, éliminé tout un cortège d'espèces (Rouge-gorge, Fauvette à tête noire, Troglodyte, Fauvette orphée...) que l'on retrouve dans la zénaie. Elle est également probablement due à la différence d'abondance de quelques espèces, entre ces 2 milieux.

La Grive draine, le Pic épeichette, le Gobe-mouches noir et le Gros-bec sont plus abondants dans la subéraie sans sous-bois. En revanche, le Loriot, le Geai des chênes, la Mésange noire et le Grimpereau le sont plus dans la zénaie ; l'Etourneau unicolore n'étant par ailleurs, présent que dans cette strate.

Le traitement du jeu de données par l'analyse canonique des correspondances aboutit quasiment aux mêmes résultats. La figure 38 représente sur le plan 1-2 de l'A.F.C. de l'analyse canonique des correspondances, la position des relevés et celles des espèces à la moyenne de leur distribution dans les relevés.

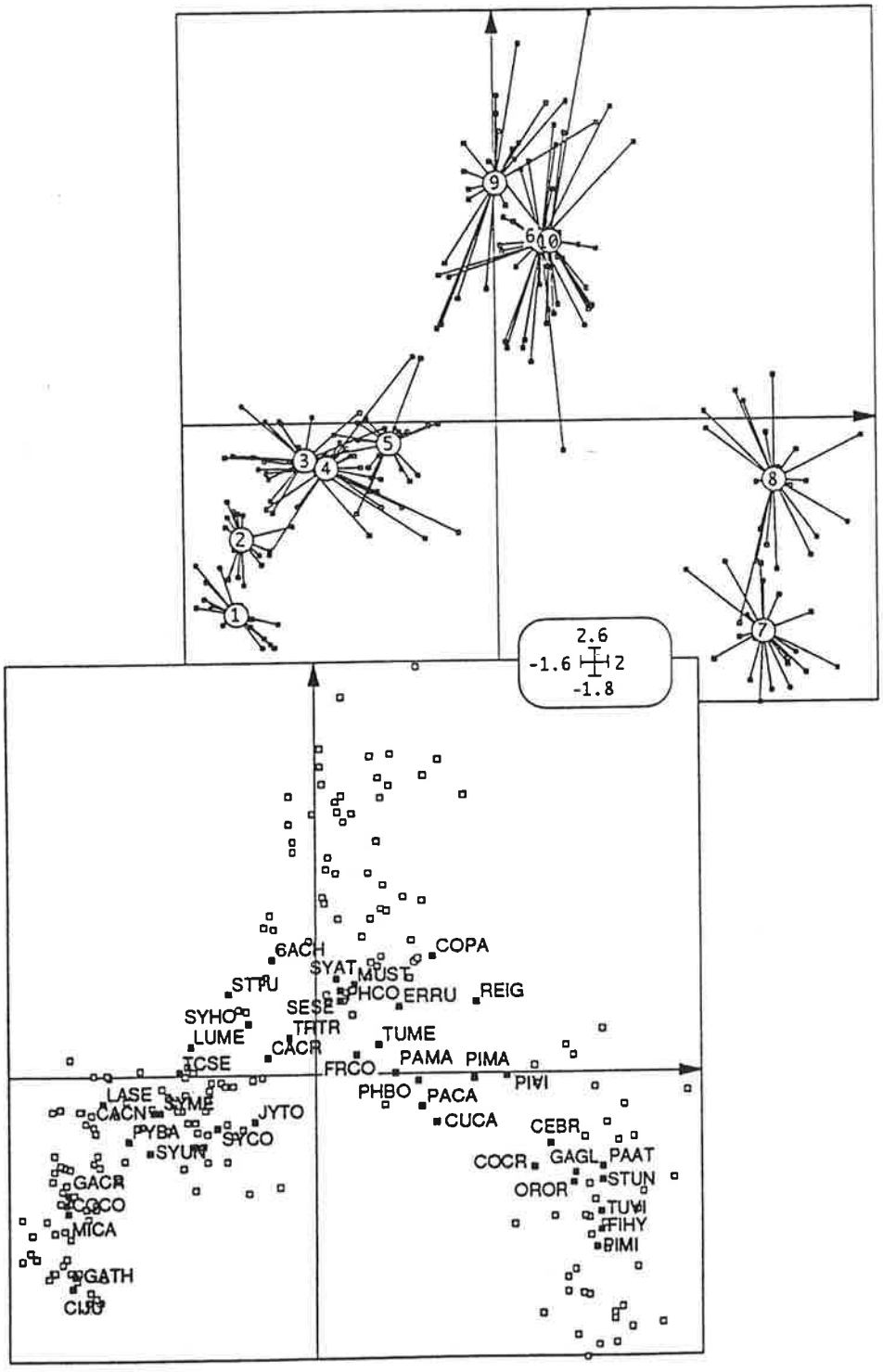


Figure 38 : *Plan factoriel 1-2 de l'analyse canonique des correspondances. En haut (par groupe) et en bas (carrés blancs), position des 200 relevés. En bas (carrés noirs), position des 43 espèces par averaging.*

Nous y notons la même architecture globale de la relation avifaune-milieu, c'est-à-dire une ordination des strates dans le sens maquis bas - maquis haut - forêts, le long d'un gradient où le recouvrement des arbres a une influence déterminante (cf. annexe). Le groupe des forêts est redivisé en un second gradient qui ordonne les forêts de plaine et les forêts d'altitude Fig. 39.

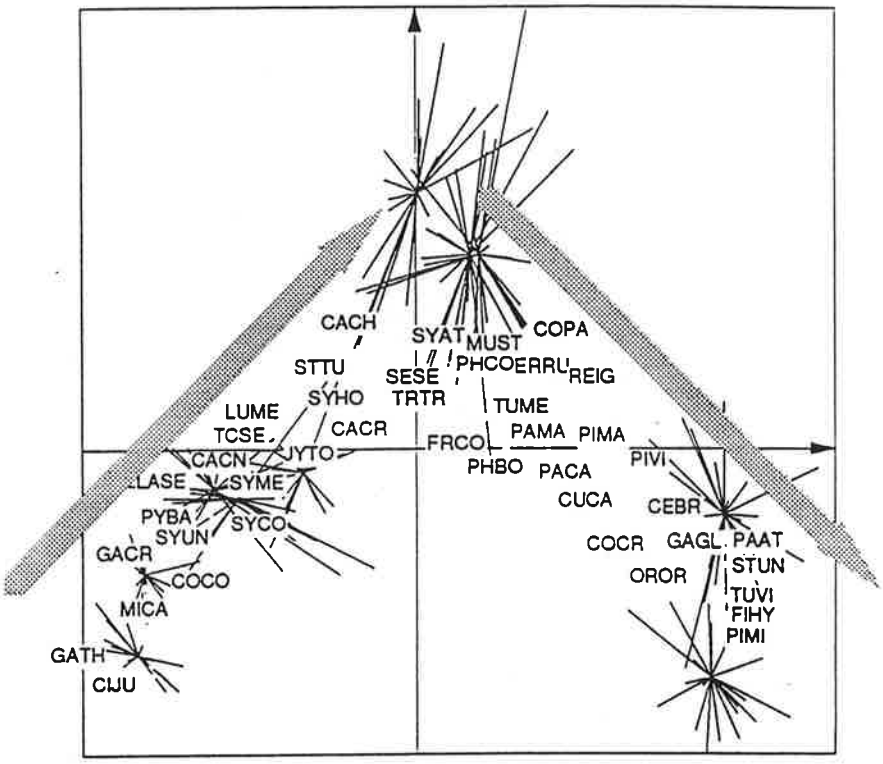


Figure 39 : *Articulation de 2 gradients écologiques. A gauche, ordination des espèces et des relevés sur l'axe ouvert-fermé. A droite, ordination des espèces et des relevés sur le gradient d'altitude.*

La figure 40 est une représentation de l'amplitude d'habitat des espèces par l'A.F.C. L'amplitude d'habitat d'une espèce est ici représentée par le nombre de relevés dans lesquels l'espèce se trouve; Chaque espèce est reliée aux relevés qui la contiennent, par un trait représenté à 1/4 de sa longueur. Plus le nombre de traits est élevé, plus l'amplitude d'habitat est grande.

Un examen alternatif de cette figure avec la figure 41, permet une lecture simultanée de la position moyenne de l'espèce dans le gradient avifaunistique et une lecture de sa distribution et de son abondance dans le gradient des relevés (petites fenêtres) distribués sur le plan 1-2 par l'A.C.C.

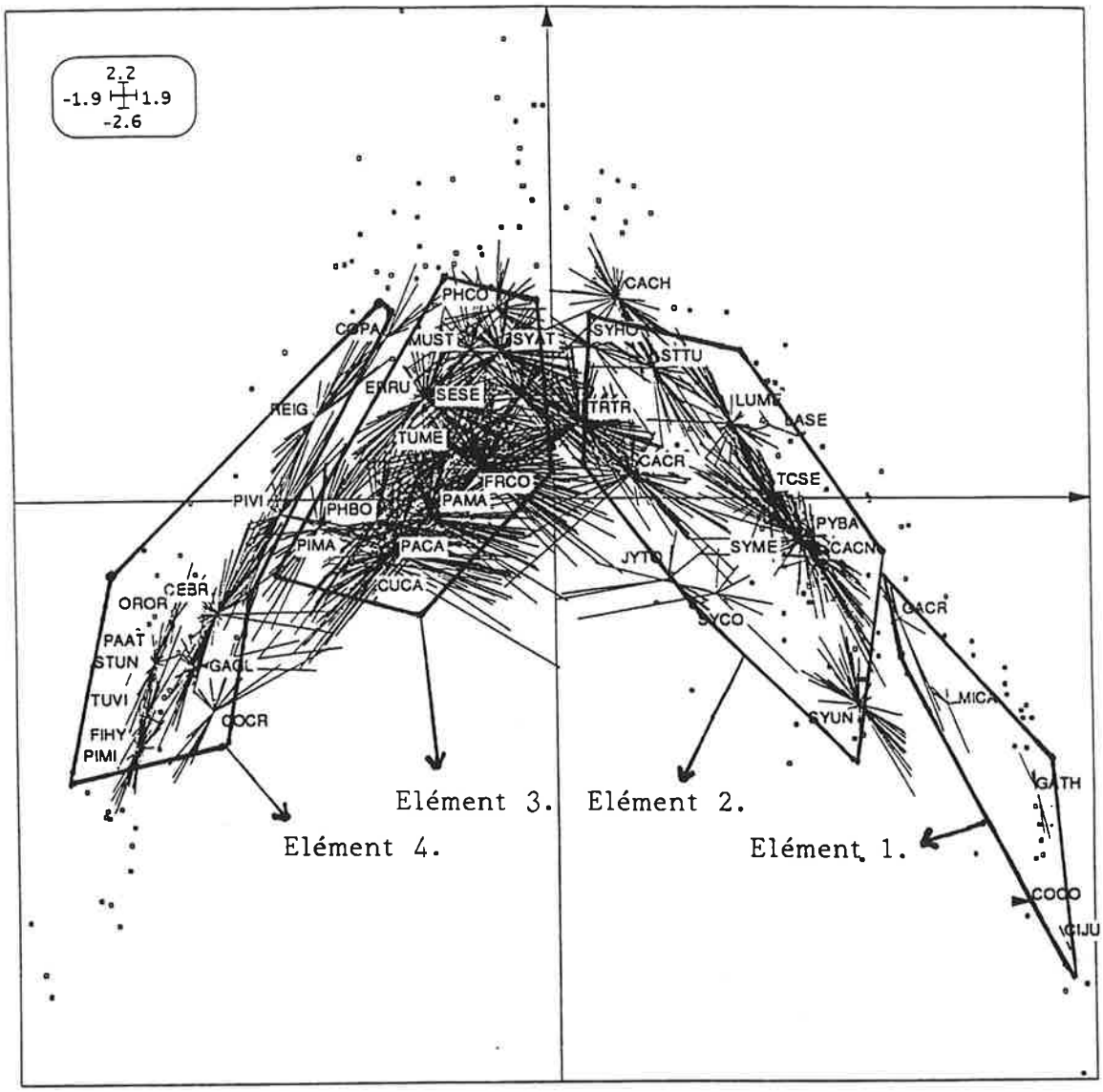


Figure 40 : *Amplitude d'habitat des espèces vue par l'AFC de D. Les carrés sont les relevés. Chaque espèce est à la moyenne de sa distribution. Un taxon est représenté par une étoile dont chaque branche relie la position de l'espèce à la position du relevé. Les branches sont représentées à 25% de leur longueur. Noter que le gradient d'altitude est a gauche et que le gradient d'ouverture est à droite. On enregistre l'ordination des espèces absentes en altitude (axe CIJU -> CACH), l'ordination des espèces absentes en milieu ouvert (axe COPA -> PIMI) et le noyau central des espèces à large amplitude qui articule les deux gradients.*

L'examen de la figure 40 révèle une architecture d'ensemble que l'on peut décomposer en 4 éléments. Le premier concerne les espèces à faible amplitude d'habitat (Cisticole des joncs, Caille des blés, Cochevis de Thekla, Cochevis huppé, Bruant proyer) qui ne sont distribuées que dans les maquis bas (Fig. 41).

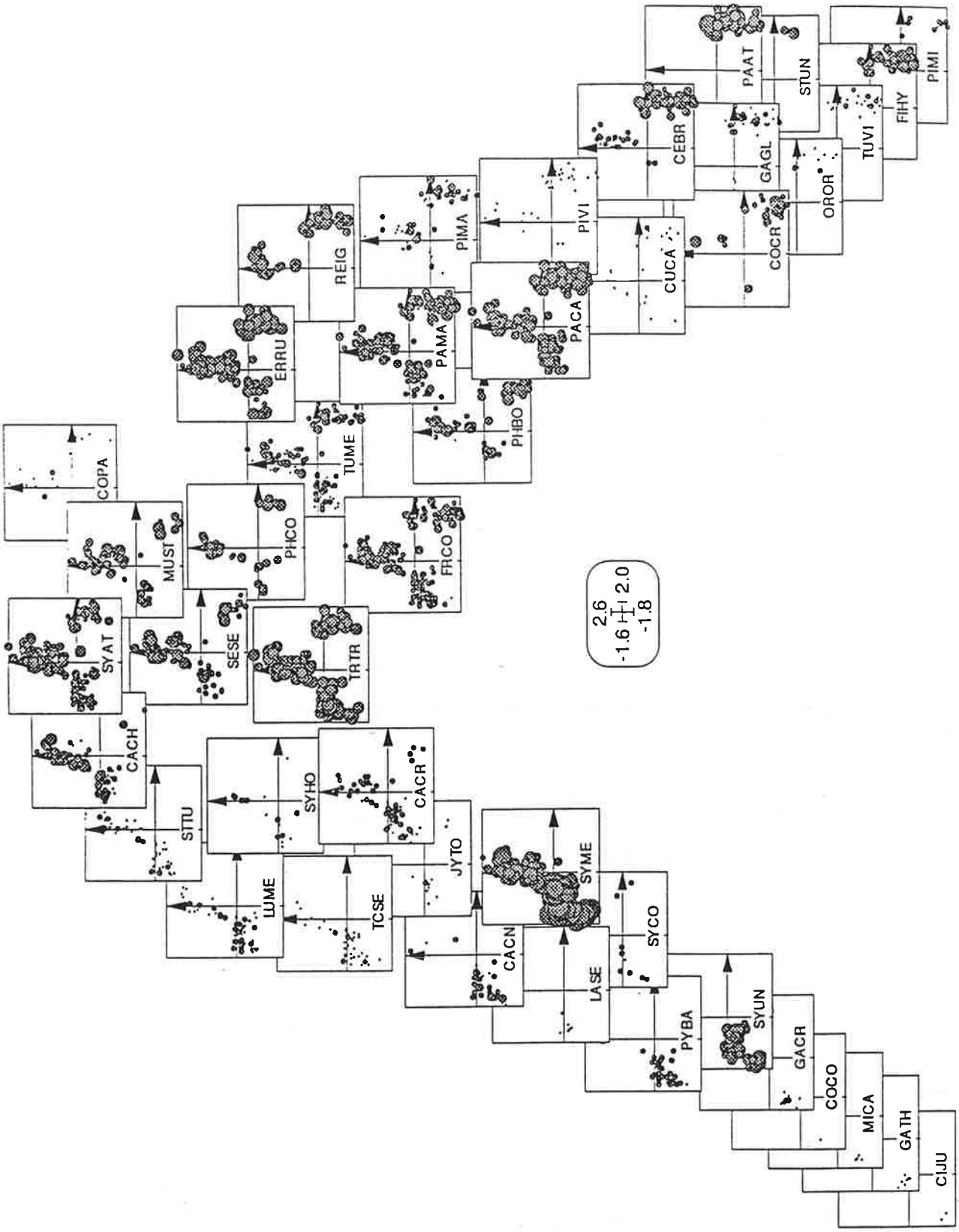


Figure 41 : *Cartes de distribution des espèces. Chaque fenêtre représente l'abondance d'un taxon dans les relevés tels qu'ils sont distribués par l'ACC sur le plan 1-2. Les cartes sont positionnées, en gros, comme sur le plan 1-2 des espèces.*

Le second concerne les espèces à grande amplitude d'habitat mais qui ne se distribuent que dans les maquis (Fauvette pitchou, Bulbul gris, Pie-grièche à tête rousse), ou surtout dans les maquis (Fauvette mélanocéphale, Tourterelle des bois, Tchagra, Verdier, Fauvette grisette, Linotte, Chardonneret, Fauvette orphée, Troglodyte).

Le troisième élément concerne les espèces à grande amplitude d'habitat mais dont le préférendum est nettement localisé dans les forêts (partie négative de l'axe 1).

Ce peut-être des espèces liées à la strate arborée (Pouillot véloce, Gobe-mouches gris, Serin cini, Pinson des arbres, Mésange charbonnière, Mésange bleue, Coucou gris, Pouillot de Bonelli, Pic épeiche) ou des espèces liées à la strate buissonnante (Rouge-gorge, Merle noir, Fauvette à tête noire).

Le quatrième élément enfin, souligne le gradient altidunal avec l'ordination des espèces de l'axe Pigeon ramier - Pic épeichette. Nous retrouvons à l'extrémité du gradient les espèces qui sont strictement confinées aux forêts d'altitude (Gobe-mouches noir, Mésange noire, Grive draine, Etourneau unicolor, Pic épeichette) et celles à grande amplitude d'habitat forestier mais qui réalisent leur abondance maximale dans les forêts d'altitude (Gros-bec, Geai des chênes, Pic de Levaillant, Pic épeiche, Grimpereau brachydactyle).

Nous remarquons par ailleurs, ce que la figure 30 nous avait révélé, que l'amplitude d'habitat des espèces spécialistes des forêts de fin de succession, est en moyenne, plus importante que celle des spécialistes des milieux bas en début de succession.

DISCUSSION :

La stratification des milieux que nous avons réalisée préalablement à l'échantillonnage, a été basée sur un point de vue strictement paysager, rejoignant en cela le point de vue du forestier ou du phyto-écologue. Réalisée sur la base d'un critère de complexification croissante de la végétation, en la forme de l'E.V.V. elle a conduit à l'identification de 11 biotopes réputés homogènes. Ceux-ci constituent l'essentiel de la mosaïque d'habitats de la région et intègrent les 9 stades à partir desquels nous avons reconstitué la série évolutive du Chêne liège, dont le terme est la forêt caducifoliée de Chêne zéen ; ainsi que 2 milieux forestiers artificiels qui constituent un important élément du paysage de la région : la Pineraie à Pin maritime et l'Eucalyptaie.

L'analyse du jeu de données espèces-milieu, révèle que l'organisation de l'avifaune est essentiellement déterminée par le milieu, à travers sa stratification préalable.

L'analyse factorielle des correspondances du tableau d'avifaune met en relief le caractère original du peuplement des pelouses et opère du même coup son isolement du gradient. Cet isolement, sur l'interprétation duquel nous ne reviendrons pas, révèle le caractère erroné de notre conception à priori de la place que les milieux herbacés sont censés occuper dans un gradient de complexité croissante de la végétation. Cette erreur est née, manifestement, de la méconnaissance du type de fonctionnement de ces milieux, dans la région étudiée, et de leur mode d'utilisation par les oiseaux, par rapport à celui qu'ils font des milieux ligneux.

Les milieux ligneux s'organisent en revanche, le long d'un gradient typique. Cependant, la perception de ce gradient par l'avifaune, diffère dans une certaine mesure de celle qui était sous-tendue par notre stratification. Nous avons vu que l'ordre successionnel de certaines strates a été inversé (maquis haut et maquis à strate arborée claire) ; le plus important réside en fait dans la "compression" de la succession, qui de 9 strates identifiés, est passée à une partition en 5 groupes.

Un premier groupe est représenté par le maquis bas.

Un second groupe (auquel aurait dû être rattaché le premier) est représenté par l'ensemble des maquis. Ce regroupement des maquis traduit 2 Phénomènes : le premier concerne l'avifaune dont le caractère thermophile est, ici, mis en évidence. Le second est en rapport avec la faible variabilité de cette avifaune dans les milieux considérés. Cette faible variabilité est due à l'importante amplitude d'habitat qui caractérise la plupart des espèces, que l'on retrouve d'un maquis à l'autre, quel que soit le degré de complexité de sa végétation.

L'analyse intègre à la fois le préférendum maquis de ces espèces et la largeur de leur amplitude d'habitat pour créer le groupe des maquis.

Le troisième groupe rassemble les forêts de plaines, c'est-à-dire le 7ème stade de la succession et les reboisements de Pin maritime et d'Eucalyptus. L'avifaune de ces milieux se distingue de la précédente par l'apparition d'espèces strictement sylvatiques (Pigeon ramier, Roitelet-triple bandeau), mais également par un important noyau d'espèces dont la grande amplitude d'habitat les fait largement déborder dans les maquis, mais dont le préférendum est nettement forestier.

Le quatrième groupe isole la subéraie d'altitude et la distingue des forêts de plaine, par la présence d'espèces dont la répartition régionale est déterminée par l'altitude et par celle qui réalisent leur maximum d'abondance dans les stades mûrs de la succession.

Le cinquième groupe enfin, isole la zénaie pour les mêmes raisons qui ont présidé à celui de la subéraie d'altitude. La partition cependant réalisée entre ces 2 derniers stades, est due au fait que, d'une part, la zénaie compte des espèces qui n'existent pas dans la subéraie d'altitude, et que d'autre part, certaines espèces liées à la strate arborée, y réalisent, du fait de son développement important, des abondances supérieures à celles qu'elles ont dans la subéraie.

Le gradient exprimé par cette partition concerne bien en définitive le degré de complexité croissante de la végétation, sur lequel se greffe, à partir des stades forestiers, l'influence de l'altitude.

Cependant, le phénomène de "compression" du gradient, considéré à travers la perception qu'en a eu l'avifaune, nous interpelle fortement sur la conception à priori, que nous avons eu de notre plan d'échantillonnage, en rapport avec la problématique abordée. Nous avons choisi d'exprimer les divers aspects de l'organisation des communautés d'oiseaux le long d'une succession de végétation, en nous basant sur un corps de méthodes, mis au point à l'issue d'un ensemble de travaux réalisés en Europe sur des problématiques similaires.

Or, si l'utilisation de ce corps de méthodes se justifiait pleinement, en Europe, par une démarche qui sous-tendait à priori, toute la problématique, c'est-à-dire la stratification fine des biotopes et l'analyse

de la réponse de l'avifaune à cette stratification, il met en relief, dans notre région, le caractère abusif du degré de finesse que nous avons voulu donner à notre stratification.

Le fait fondamental observé en Europe (et en Amérique !) réside dans le jeu du remplacement - addition d'espèces d'un stade successionnel à l'autre, avec ses conséquences sur les paramètres de composition et de structure des peuplements de chaque stade. L'étude de ce phénomène successionnel a mis incontestablement en relief, l'influence de la physionomie du milieu sur la structure des peuplements d'oiseaux et a corroboré du même coup, la justesse des hypothèses formulées et la démarche méthodologique adoptée.

La mise à l'épreuve de ce corps de méthodes, dans notre contexte régional, a permis de vérifier, aurait-il pu en être autrement ? les grandes tendances de la réponse des peuplements d'oiseaux au modifications structurale de la végétation, à travers la variation globale des paramètres de composition et de structure des peuplements le long d'une succession. Nous avons cependant constaté, que le schéma d'évolution de ces paramètres ne s'ajustait pas exactement à la stratification des milieux que nous avons réalisés. Que celle-ci se résumait en définitive à 5 types fondamentaux de milieux : Les pelouses, les maquis, les forêts de plaine, la forêt sempervirente d'altitude et la forêt caducifoliée d'altitude.

Les diverses analyses effectuées ont toutes convergé sur un aspect fondamental de la distribution des espèces dans la succession étudiée ; leur grande amplitude d'habitat. Celle-ci est incontestablement à l'origine de la compression du gradient, exprimée par le regroupement des milieux et a invalidé en quelque sorte, la stratification préalable. Ce phénomène, qui traduit d'une certaine manière, les difficultés inhérentes à la mise en place d'une démarche méthodologique, hors du contexte qui l'a vu naître, soulève également un certain nombre de questions d'un tout autre ordre ; celles notamment, relatives au déterminisme biogéographique de la distribution des espèces dans notre région, dont nous nous proposons d'en analyser quelques éléments dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 6
LA REGION D'ANNABA - EL-KALA DANS LE CONTEXTE PALEARCTIQUE OCCIDENTAL CONSIDERATIONS ECOLOGIQUES ET BIOGEOGRAPHIQUES

Un des objectifs de cette étude, est de dégager des éléments objectifs de comparaison de l'organisation et de la dynamique de l'ornithocénose des milieux forestiers typiques de l'Algérie, avec celle des milieux forestiers médioeuropéens et Nord-méditerranéens.
Ce souci de positionner, dans le paléarctique occidental, notre région d'étude, dont on peut juger, à priori, qu'elle est globalement représentative, du point de vue ornithologique, de la portion forestière du Maghreb, est né de deux faits.

Le premier, est que, à quelques exceptions (importantes) prés, la majorité des espèces d'oiseaux observés dans cette région du sud de la Méditerranée, existent également en Europe.
Le second a été formulé par Blondel (1986), qui a dit qu'"à la limite, les parties non désertiques de l'Afrique du Nord-Ouest, le Maghreb, sont d'un point de vue biologique une grande île paléarctique entourée de mer et de déserts qui constituent autant de barrières à la colonisation. Le Maghreb non désertique est un peu plus grand que la France... mais sa richesse en oiseaux nicheurs est moindre : 188 espèces contre 256 en France".

Si ces deux faits sont indiscutables, nous pensons qu'il peut-être, cependant, utile de les éclairer à la faveur des données dont nous disposons.

Nous nous proposons dans ce chapitre, d'analyser et de discuter, sur la base de considérations écologiques et biogéographiques, le degré de ressemblance de l'avifaune de la succession algérienne avec celle de 4 successions européennes.
De mettre ensuite en évidence, les éléments susceptibles d'argumenter la notion d'insularité rattachée au Maghreb, à partir de la confrontation des données avifaunistiques de notre région, à celles des régions médioeuropéennes et nord-méditerranéennes.
Nous ne rediscuterons pas ici, les caractéristiques insulaires de la Corse, qui ont déjà fait l'objet de nombreuses études (Ferry, Blondel et Frochot, 1976 ; Blondel et Frochot, 1976 ; Martin, 1980, 1982 ; Blondel, Chessel et Frochot, 1988). Cette région nous servira, en quelque sorte, de degrés d'insularité de référence.

Les données qui serviront de support à l'analyse sont tirées de la littérature pour ce qui concerne les milieux européens et de celle de la présente étude pour ce qui concerne le Maghreb. Les données de la

littérature sont tirées de l'article de Blondel et Farré (1988). Ces auteurs ont basé leur étude sur les données avifaunistiques de 4 successions forestières, comptant chacune 6 stades successionnels.
Ces 4 successions sont, celle étudiée par Glowacinski (1975) en Pologne ; Ferry et Frochot (1970) en Bourgogne et Blondel (1985) en Provence et en Corse. Les données sont exprimées en c/10 ha.
A ces 4 successions, nous avons ajouté une partie de la succession algérienne (Fig. 42).



Figure 42. Localisation des 5 sites d'étude.
D'aprés Blondel et Farré, complétée.

Une des difficultés inhérentes à ce type d'analyse, réside dans le choix des stades successionnels à comparer. Il est en effet, indispensable d'opérer un choix qui respecte au maximum l'homologie des biotopes. L'exercice est difficile ; les expériences étant au départ, non concertées, et réalisées dans des conditions biogéographiques, donc successionnelles, différentes. Un choix raisonné des biotopes, peut néanmoins se réaliser, en s'efforçant de respecter au maximum les critères de structure de la végétation, communs à toutes les successions.

Le principal critère connu et commun aux 5 successions, est le toit de la végétation. C'est sur la base de ce critère, que nous avons donc reconstitué la succession algérienne.
Parmi les 9 stades successionnels étudiés, nous en avons extrait 6. La succession reconstituée, en respectant au maximum l'homologie des biotopes, est composée : du maquis bas (stade 1), du maquis moyen (stade 2), du maquis haut (stade 3), du maquis à strate arborée dense (stade 4), de la subéraie avec sous-bois (stade 5) et de la zénaie (stade 6) (Tableau 26).
Le choix de la zénaie comme terme de la succession, peut être à priori gênant dans la mesure où il introduit un déterminisme altitudinal dans la dynamique de l'avifaune de notre région. En fait, c'est le seul biotope qui répond le mieux au critère du toit de la végétation pour le stade 6, sans être, pour autant, étranger à la succession considérée.

	1	2	3	4	5	6
Pologne (PO)	0,6	2	8	12	20	30
Bourgogne (BO)	1	1	2,5	5	20	27
Provence (PR)	0,5	1	4	6	10	20
Corse (CO)	0,8	1	2	6	12	25
Algérie (AL)	0,6	1,4	2,4	5,4	7,7	17,6

Tableau 26 - Hauteur du toit de la végétation des 6 stades successionnels régionaux (m)

La lecture du tableau 26 révèle que la strate 6 d'Algérie est la plus basse.
D'une manière générale, ce sont les 2 derniers stades des successions méditerranéennes (PR, CO, AL) qui présentent des hauteurs inférieures à celles de leurs homologues médieuropéens. Ce phénomène est très probablement dû aux caractéristiques du climat méditerranéen, moins favorable au développement en hauteur de la strate arborée.

Par ailleurs, Blondel et Farré (op.cit.) font remarquer que la végétation des premiers stades des successions médioeuropéennes (PO, BO), se caractérise par une structure, en moyenne, plus complexe, une hauteur plus grande et une diversité botanique plus importante que celle de la Provence et de la Corse. Ils précisent que ces différences, dans la physionomie des successions, ont pour conséquence un élargissement de l'amplitude d'habitat des espèces, en Bourgogne (dont il faudra donc relativiser la signification par rapport à la problématique qui nous intéresse) et un glissement de cette amplitude vers les stades mûrs, en Pologne.

Le cube de données (espèces x régions x strates) a été soumis à une analyse factorielle des correspondances. La méthode détaillée est précisée en annexe.
Le tableau 27 représente l'ensemble des données des 5 successions. En colonne les 6 strates des 5 régions considérées ; en lignes, les codes des espèces, dont la signification est donnée dans le tableau 28.

	1-Pologne						2-Bourgogne						3-Provence						4-Corse						5-Algérie					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
AECA	0	0	0	0	0	0	19	25	13	6	8	4	0	0	0	3	0	0	0	11	4	19	7	10	0	0	0	0	0	0
ALAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALRU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ANCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANTR	0	25	76	44	42	32	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CACH	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	1	0	0	0	18	12	4	0
CACN	0	0	0	0	0	0	36	16	6	0	0	0	5	6	0	0	6	0	8	16	8	0	0	0	2	11	14	6	0	0
CACR	0	0	0	8	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	16	33	4	3	0	1	4	3	10	5	0
CEBR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	23	56	0	0	0	0	2	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14	52
CEFA	0	0	0	0	6	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16	0	0	0	0	0	0
CLIU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
CLGL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COCN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0
COCO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COCR	0	0	40	20	19	34	0	1	2	6	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
COOE	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPA	0	0	24	0	2	9	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
CUCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	3	2	2	1	3	1	0	0	0	2	1	3
DRMA	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EMCR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	4	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0
EMCT	21	45	99	99	25	7	30	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EMHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ERRU	0	0	0	80	62	83	4	17	42	37	35	29	0	0	0	23	38	61	7	17	27	44	74	57	0	16	13	26	85	104
FIHY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
FRCO	0	0	0	99	91	99	0	1	4	22	41	56	0	0	0	0	31	77	14	6	33	69	42	64	2	9	21	23	31	23
GACR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0
GAGL	0	0	0	0	0	0	1	2	4	5	7	8	0	2	11	11	11	6	3	1	1	9	14	10	0	0	0	1	0	13
GATH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
HIIC	0	0	60	20	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HIPO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JYTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
LACO	0	45	20	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
LAEX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LASE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
LOFL	0	0	26	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LONA	0	0	0	0	0	0	23	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LUAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	27	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LULU	5	22	6	6	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LUME	0	0	0	0	0	0	5	23	16	0	0	0	0	2	62	45	49	1	3	0	1	0	0	0	0	4	14	8	1	0
MICA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	1	0	0	0	0	31	0	0	0	0
MOAL	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MUAL	0	0	0	0	99	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MUST	0	0	0	0	21	9	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0	0	18	0	0	0	4	22	0
OEHI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ORGR	0	0	30	12	7	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
PAAT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	12	21	41	0	0	0	0	0	107
PACA	0	0	0	0	82	93	5	9	20	29	83	99	0	0	0	0	0	99	0	8	2	33	79	99	0	6	19	42	51	83
PACR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PAMA	0	0	0	0	51	50	3	8	9	23	33	47	0	0	0	22	31	32	16	17	25	36	26	47	1	3	8	39	33	37
PAMO	0	0	0	0	0	0	2	8	30	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PAPA	0	0	0	0	7	7	0	1	3	15	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PHBO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	21	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21	41	5
PHCO	0	0	40	14	4	6	99	99	72	8	2	4	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	5	2	15
PHPH	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PHSI	0	0	26	80	48	34	0	0	0	5	10	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PHTR	0	0	90	0	0	0	63	64	38	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PICA	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIMA	0	0	0	0	16	17	0	0	1	2	4	7	0	0	0	0	0	18	0	0	0	1	4	11	0	0	0	3	10	20
PIME	0	0	0	0	4	7	0	0	0	1	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIMI	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
PIVI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIVA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5
PRMO	0	0	0	0	0	0	42	38	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PYBA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	8	2	0	0
PYPR	0	0	0	0	0	0	6	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
REIG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	15	0	0	16	73	88	90	0	0	0	0	28	48
SARU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SATO	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SECA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SECI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	53	49	17	4	4	0	0	0	0	0	0
SESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	19	17	0
SIEU	0	0	0	0	28	45	0	0	0	2	21	38	0	0	0	0	2	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STTU	0	0	26	0	10	8	0	2	5	1	0	0	0	0	3	12	6	0	0	0	1	0	1	0	0	1	5	3	41	0
STUN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
STVU	0	0	0	0	38	86	0	0	0	1	8	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SYAT	0	0	30	99	36	41	17	41	55	7	3	5	0	0	0	61	69	55	3	3	12	71	68	67	0	7	34	14	74	46
SYBO	0	10	90	20	0	1	50	58	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SYCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	42	63	3	0	0	10	42	20	1	0	0	0	0	0	0	0
SYCN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SYCO	0	10	0	0	0	0	66	28	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	0	2
SYHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	11	6	1
SYME	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	69	3	2	0	3	18	36	2	1	0	206	216	171	223	63	0
SYSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	39	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SYUN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	44	1	0	2	0	4	14	15	1	0	0	44	8	35	64	0	0
TCSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	6	6	1	0
TRTR	0	0	0	0	2	8	14	12	10	24	37	23	0	0	0	0	0	50	6	28	10	63	45	50	12	31	80	41	63	76
TUME	0	0	26	10	35	25	9	6	14	5	10	10	0	11	2	80	49	38	31	15	29	14	24	11	0	2	17	7	26	29
TUPH	0	0	22	10	25	13	2	8	14	10	10	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUVI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6

Tableau 27 : *Tableau Espèces-Régions-Végétation (89-30).*

Le pool des espèces des 5 successions, compte 89 espèces. Celui-ci ne contient, bien entendu, que celles qui ont été accessibles à la méthode d'échantillonnage utilisée (cf. Blondel et Farré, op.cit et chap. 2) et ne préjuge en rien de la richesse de la région dans laquelle la succession a été étudiée.

1	AECA	Mésange à longue queue	46	PAAT	Mésange noire
2	ALAR	Alouette des champs	47	PACA	Mésange bleue
3	ALRU	Perdrix rouge	48	PACR	Mésange huppée
4	ANCA	Pipit rousseline	49	PAMA	Mésange charbonnière
5	ANTR	Pipit des arbres	50	PAMO	Mésange boréale
6	CACH	Verdier d'Europe	51	PAPA	Mésange nonette
7	CACN	Linotte mélodieuse	52	PHBO	Pouillot de Bonelli
8	CACR	Chardonneret élégant	53	PHCO	Pouillot véloce
9	CEBR	Grimpereau des jardins	54	PHPH	Rougequeue à front blanc
10	CEFA	Grimpereau familier	55	PHSI	Pouillot siffleur
11	CIJU	Cisticole des joncs	56	PHTR	Pouillot fitis
12	CLGL	Coucou-geai	57	PICA	Pic cendré
13	COCN	Corneille mantelée	58	PIMA	Pic épeiche
14	COCO	Caille des blés	59	PIME	Pic mar
15	COCR	Gros bec cassenoyaux	60	PIMI	Pic épeichette
16	COOE	Pigeon colombin	61	PIVI	Pic vert
17	COPA	Pigeon ramier	62	PIVA	Pic de Levaillant
18	CUCA	Coucou gris	63	PRMO	Accenteur mouchet
19	DRMA	Pic noir	64	PYBA	Bulbul gris
20	EMCR	Bruant zizi	65	PYPR	Bouvreuil pivoine
21	EMCT	Bruant jaune	66	REIG	Roitelet triple bandeau
22	EMHO	Bruant ortolan	67	SARU	Traquet tarier
23	ERRU	Rougegorge familier	68	SATO	Traquet pâtre
24	FIHY	Gobe-mouches noir	69	SECA	Serin des Canaries
25	FRCO	Pinson des arbres	70	SECI	Venturon montagnard
26	GACR	Cochevis huppé	71	SESE	Serin cini
27	GAGL	Geai des chênes	72	SIEU	Sitelle torchepot
28	GATH	Cochevis de Thekla	73	STTU	Tourterelle des bois
29	HIIC	Hypolaïs ictérine	74	STUN	Etourneau unicolor
30	HIPO	Hypolaïs polyglotte	75	STVU	Etourneau sansonnet
31	JYTO	Torcol	76	SYAT	Fauvette à tête noire
32	LACO	Pie-grièche écorcheur	77	SYBO	Fauvette des jardins
33	LAEX	Pie grièche grise	78	SYCA	Fauvette passerinette
34	LASE	Pie-grièche à tête rousse	79	SYCN	Fauvette à lunettes
35	LOFL	Locustelle fluviatile	80	SYCO	Fauvette grisette
36	LONA	Locustelle tachetée	81	SYHO	Fauvette orphée
37	LUAR	Alouette lulu	82	SYME	Fauvette mélanocéphale
38	LULU	Rossignol progné	83	SYSA	Fauvette sarde
39	LUME	Rossignol philomèle	84	SYUN	Fauvette pitchou
40	MICA	Bruant proyer	85	TCSE	Téléphone tchagra
41	MOAL	Bergeronnette grise	86	TRTR	Troglodyte
42	MUAL	Gobemouche à collier	87	TUME	Merle noir
43	MUST	Gobe-mouches gris	88	TUPH	Grive musicienne
44	OEHI	Traquet oreillard	89	TUVI	Grive draine
45	OROR	Loriot d'Europe			

Tableau 28 : *Code des espèces du tableau global.*

1 - RECHERCHE DU COMPROMIS DE STRUCTURE INTER-STRATES :

Nous avons soumis les données du tableau 27 à l'A.F.C. afin d'analyser la dynamique des espèces le long du gradient de végétation, toutes régions confondues. Nous savons que celles-ci diffèrent par leur localisation géographique et également par leur caractère biogéographique. Elles se distinguent également par la composition de la végétation et, dans une moindre mesure, par des différences de hauteur au niveau des stades successionnels. Le seul point commun à ces 5 successions, réside en définitive, dans le fait qu'elles réalisent un gradient qui est exprimé par la hauteur croissante de la végétation.
Il était donc tentant de vérifier, dans cette situation, si l'organisation et la dynamique de l'avifaune, présentaient les mêmes caractéristiques d'une région à l'autre, pour un même type de gradient.

La figure 43 illustre dans le plan 1-2 de l'A.F.C, l'ordination du pool d'espèces des 5 régions le long des 6 strates de végétation.
On remarque d'emblée, que la structure d'ensemble est forte. L'axe 1 ordonne les espèces le long du gradient de hauteur de la végétation, avec, à droite les espèces de milieux bas à moyen (Cisticole des joncs, Caille des blés, Fauvette à lunettes, Fauvette grisette, Cochevis huppé...) et à gauche, celle des milieux forestiers hauts de fin de succession (Pivert, Pic épeichette, Etourneau unicolore, Mésange noire, Grimpereau brachydactyle, Pic noir, Sitelle torchepot...).
L'axe 2 oppose les espèces qui tendent à surtout exploiter les milieux bas à moyennement hauts, c'est-à-dire les strates 1 à 3, (axe Cisticole des joncs - Serin des Canaries), et celles dont l'habitat est plus forestier (axe Loriot - Pigeon colombin).
La décomposition de la figure 43 en 5 composantes régionales, permet d'illustrer l'ordination de l'avifaune de chaque région (Figure 44).

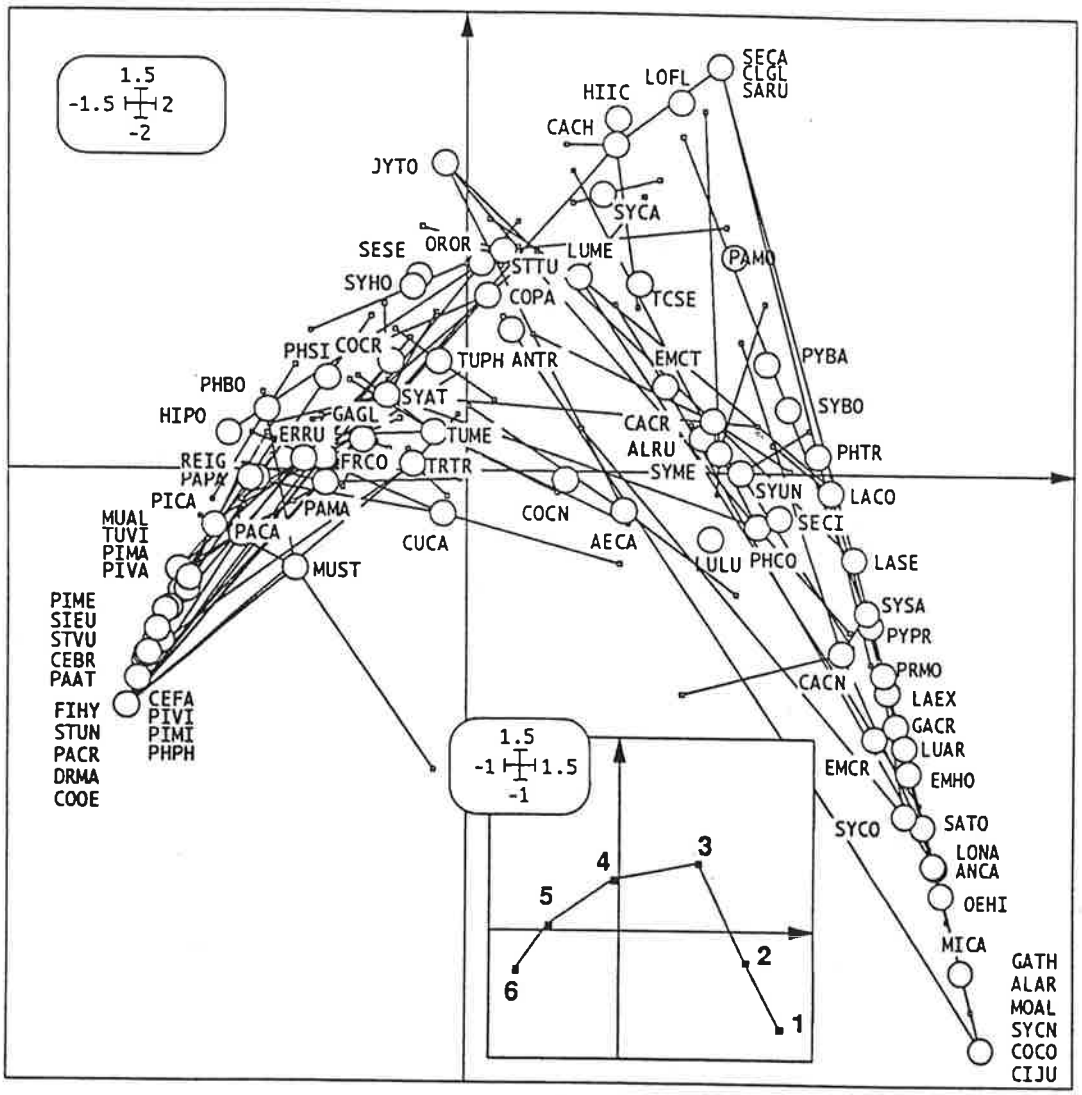


Figure 43 : Compromis des structures espèces-strates par l'analyse inter-strates du tableau (Régions, Strates, Espèces).
Chaque espèce a une position moyenne et une position par région où elle est présente. Il y a de nombreuses discordances sur une structure commune forte.

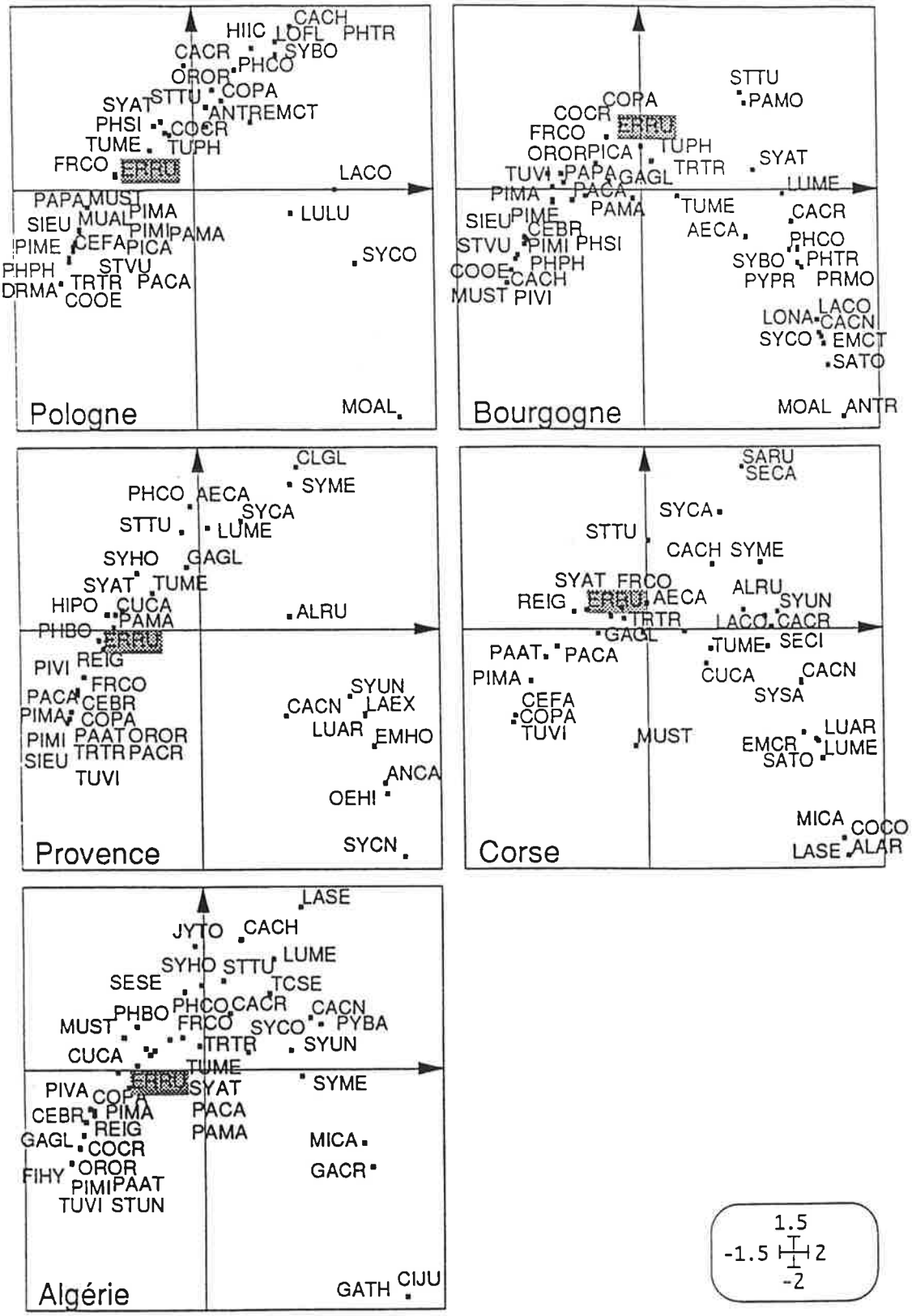


FIGURE 44 : Décomposition de la carte de la figure 43 en cinq composantes régionales. La présentation privilégie la lisibilité des étiquettes mais cache l'architecture des sous-nuages reprise dans la figure 45.

On remarque que la position relative d'une espèce, ne correspond pas exactement à celle qu'elle avait dans la figure précédente, laquelle réalisait un compromis inter-strates toutes régions confondues. Ce n'est pas, de toute manière, l'objet qui nous intéresse.

En revanche, nous notons la forme générale commune des nuages de points, qui est, par ailleurs, soulignée dans la figure 45.

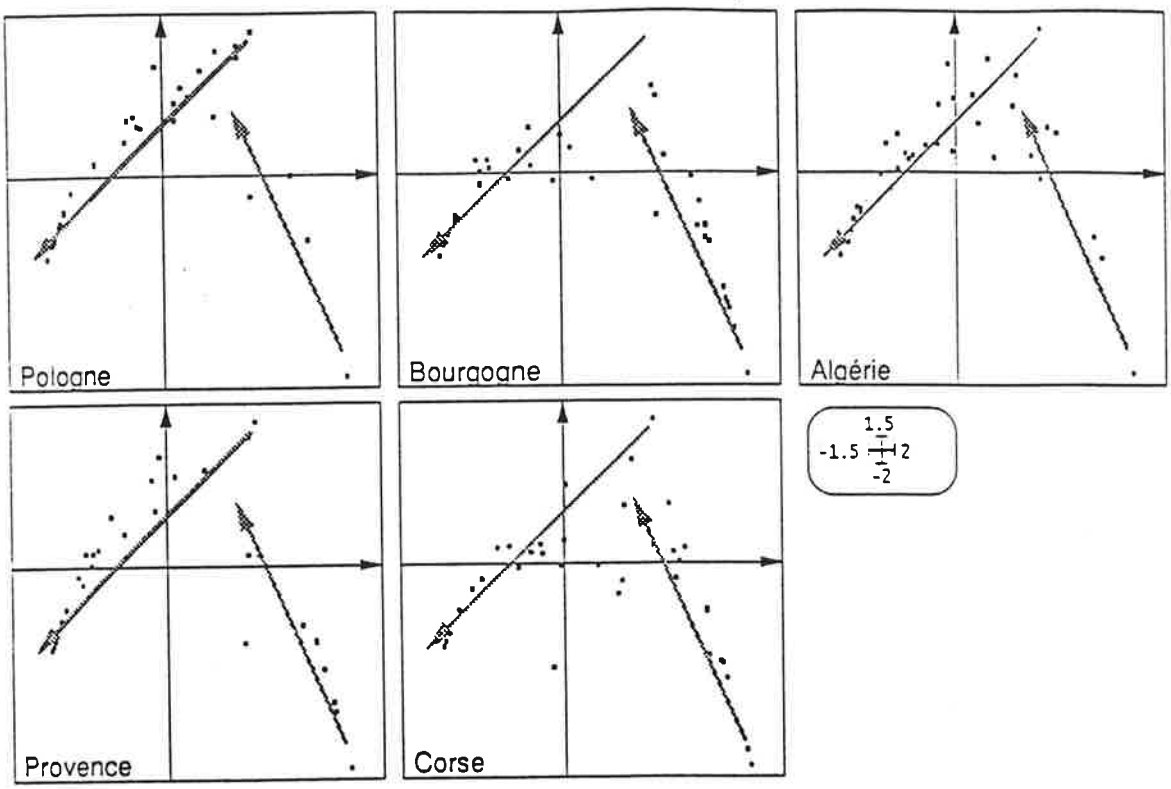


Figure 45 : *Mise en évidence de la forme commune des nuages des espèces par régions. Une même disposition dans un plan des 6 strates (encart de la figure 43) positionne les espèces de chaque région par leur position moyenne (à une constante près). En dépit des difficultés expérimentales inhérentes au choix de stratifications parallèles dans des situations géographiques très différentes, on reproduit remarquablement bien la même structure.*

Que ce soit dans la succession algérienne ou la succession polonaise, pour ne reprendre que les extrêmes latitudinaux, les nuages de points se caractérisent à quelques détails près, par la même forme. L'observation étant valable pour les successions françaises.

On remarque en outre, une structure de sous-nuages, similaire entre les 5 successions. Un premier sous-nuage, dans la partie positive de l'axe 1, aligne les espèces des milieux bas à moyennement hauts. Un second se met en place, orthogonalement, alignant celles des milieux moyennement hauts à hauts. Cette structure commune suggère fortement l'existence de 2 gradients articulés par des espèces de transition dans les 5 successions (Chessel, 1992).

Les résultats précédents révèlent ainsi, que des différences régionales, que ce soit dans la composition floristique ou dans la structure et la hauteur de la végétation des stades d'une série évolutive, ont peu ou pas d'influence sur le mode d'organisation de l'avifaune. Celle-ci réagit, quel que soit le contexte

géographique, selon un modèle quasi-unique d'organisation, à partir du moment où se met en place un gradient de hauteur de la végétation; suggérant l'existence de mécanismes fondamentaux communs, de réponse vis à vis du milieu. Ceci rejoint par ailleurs, les conclusions de Mac Arthur et al. (1961), Klopfer (1969) et Blondel et al. (1973), sur le rôle prépondérant de la structure de la végétation par rapport à celui de sa composition floristique.

La figure 46 illustre la typologie des strates, où chacune d'elles est à la moyenne de la position des strates homologues de chaque région. Chaque strate (a-b-c-d-e), de chaque région est positionnée par son contenu avifaunistique. Le résultat fait essentiellement ressortir la différence du compromis entre le dernier stade des successions (stade 6) à caractère forestier, et le premier (stade 1). On remarque ici, une plus grande ressemblance de la structure et la composition des 5 peuplements du dernier stade de la succession, que celle des 5 peuplements du premier.

Il y a incontestablement une convergence de structure qui se réalise dans les stades murs des successions des 5 régions. Cette convergence de structure traduit une composition et un mode d'organisation similaire des peuplements, lorsque la forêt atteint un degré de maturité climacique ou sub-climatique ; indépendamment de la région ou de la succession considérée, pourvu qu'elle soit de nature forestière.

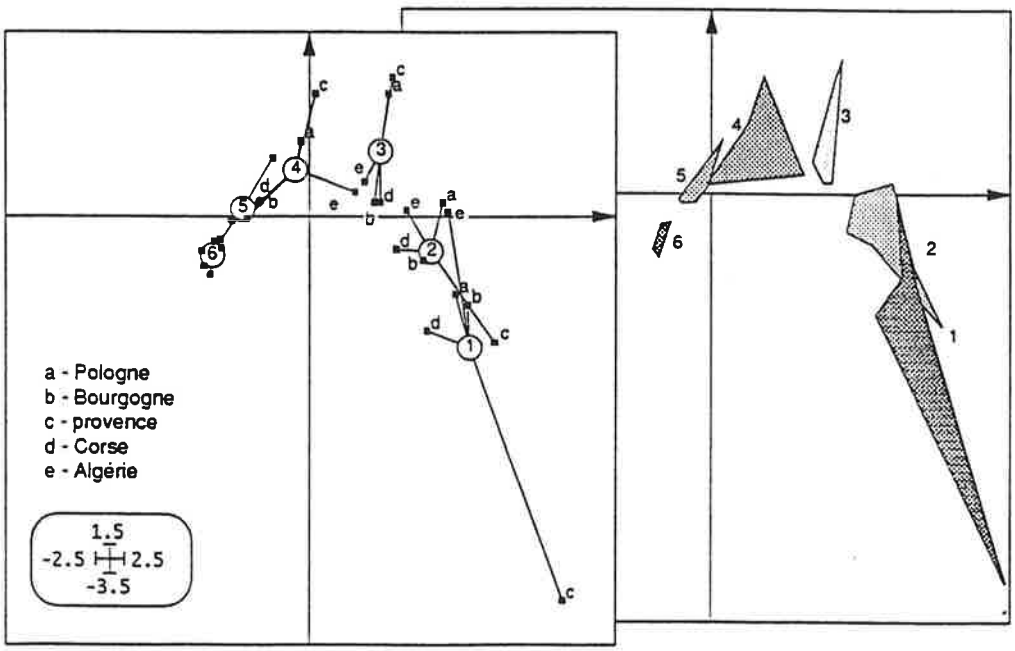


Figure 46 : *Compromis des structures espèces-strates par l'analyse inter strates du tableau (régions, strates) - espèces. Les discordances inter-régions proviennent surtout des difficultés de coordination d'expériences dans des séries de végétation très différentes. La structure du compromis, malgré ces difficultés, est très forte.*

Cette convergence de structure est d'autant plus intéressante à considérer, que les stades pionniers des successions, se caractérisent plutôt par un faible degré de ressemblance. Notons par exemple, la position excentrée des strates 1 et 2 de la succession provençale, qui se démarquent complètement de

leurs homologues continentales, corse ou maghrébine. On remarque également que la position de la strate 1 algérienne, s'apparente surtout à la position moyenne de la strate 2.
Notons enfin la qualité du compromis réalisé dans la strate 3 par rapport à celui de la strate 4, lequel devrait être, en principe meilleur. Cette dernière discordance suggère l'influence de la faible homologie des strates de hauteur moyenne, des 5 successions et souligne les difficultés de ce type de démarche comparative lorsque les expériences ne sont pas coordonnées.

2 - RECHERCHE DU COMPROMIS DE STRUCTURE INTER-REGION :

Il s'agit ici de réaliser, par l'analyse des correspondances, une typologie des régions à partir du contenu avifaunistique de chaque strate.

Nous avons vu que :

1) l'avifaune se distribuait le long du gradient de hauteur de la végétation, selon un schéma commun aux 5 régions.

2) la typologie des strates à partir du contenu avifaunistique de chaque strate régionale, révélait un bon compromis de structure dans les strates de fin de succession, climaciques ou proche du climax.

Nous nous proposons à présent d'observer comment se réalise le compromis de structure entre les régions, à partir de la double information, spécifique et structurale, du contenu avifaunistique de chaque strate des 5 successions régionales (cf. annexe).
Le résultat est consigné dans la figure 47. Nous remarquons que l'analyse opère d'emblée, une partition entre les successions méditerranéennes (PR-CO-AL) et les successions médieuropéennes (PO-BO), rejoignant parfaitement en cela, les résultats de Blondel et Farré (1988). Cependant, la représentation sur le plan 3-4 de l'analyse, introduit au sein de la région méditerranéenne, une seconde partition entre le nord de la Méditerranée (PR-CO) sur la partie positive de l'axe 3 et le sud de la méditerranée, (Al) sur la partie négative de l'axe 3. Cette partition souligne en fait, l'originalité de chaque cortège spécifique en dépit d'une ressemblance globale. Nous en verrons les raisons plus loin.

Un second examen de la figure 47 révèle un autre degré de la variabilité régionale : la divergence des cortèges faunistiques dans la direction des milieux bas. ceci signifie que le contenu avifaunistique des strates de végétation homologues est d'autant plus différent entre les régions, ou entre succession dans une même région (méditerranéenne), à mesure que le biotope se simplifie.
A l'inverse, la convergence des cortèges avifaunistiques vers le stade 6 c'est-à-dire les stades mûrs des successions, traduit la ressemblance des peuplements de ces stades entre les régions ; la succession nord-ouest africaine ne dérogeant pas à la règle.

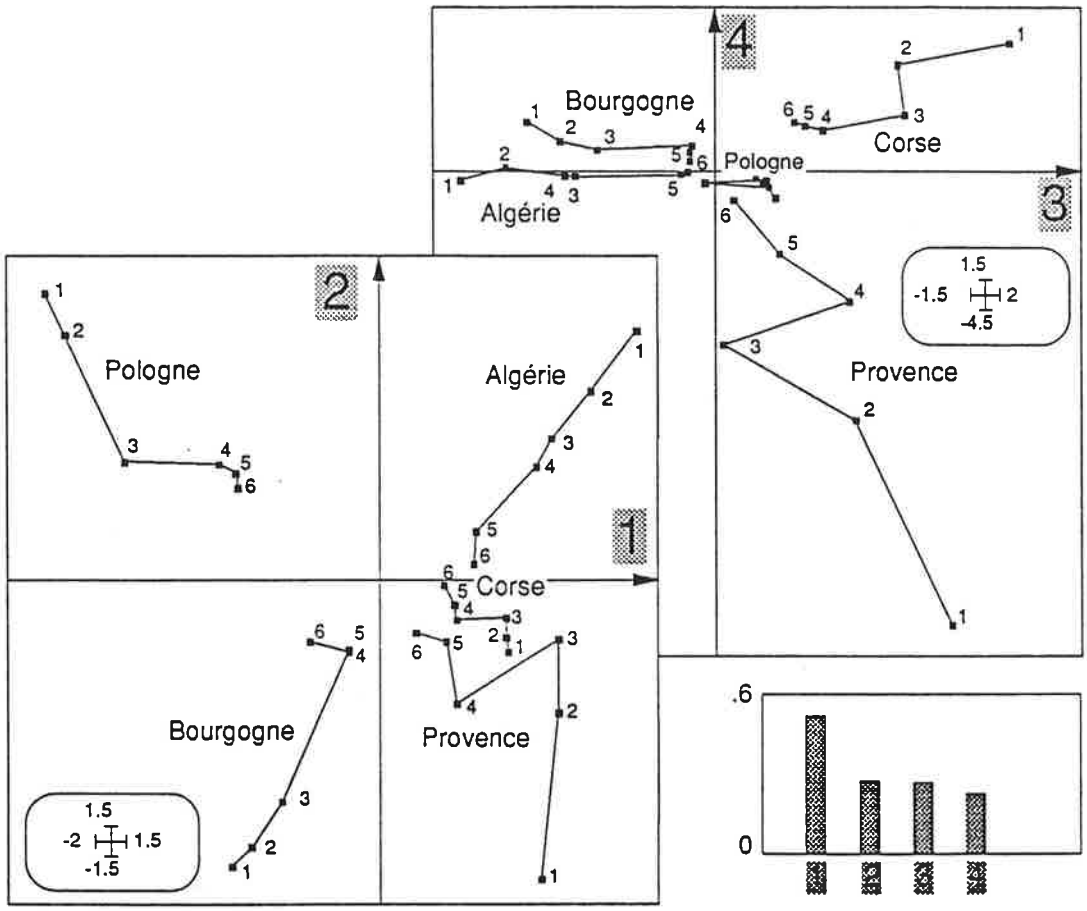


Figure 47 : *Convergence des cortèges faunistiques régionaux en milieu forestier vue par l'analyse de la face Espèces-Régions du cube de données. Le phénomène est aussi sensible en milieu continental (F1<0 sur le facteur 2), qu'en zône méditerranéenne (F1>0 sur le sous-espace 2, 3, 4).*

Un troisième examen enfin, révèle l'interaction de la variabilité du cortège avifaunistique avec la stratification du milieu, pour les 5 régions considérées.

Chaque carré noir représente, sur la figure, une strate. La distance entre 2 strates, figurée par la longueur du trait qui les relie, est une mesure de la variabilité de l'avifaune d'une strate à l'autre. Plus cette distance est grande et plus le contenu avifaunistique entre deux strates est différent.

Blondel et Farré ont noté la différence qui caractérisait de ce point de vue, les successions médieuropéennes et la succession provençale. Cette dernière montre en effet, une différence bien marquée entre les habitats bas et moyens d'une part, et les habitats forestiers d'autre part, alors qu'elle est relativement moins sensible entre les premiers stades et les derniers des successions polonaise et bourguignonne.

En outre, ils notent surtout la différence entre le cortège avifaunistique continental (PO-BO-PR) et le cortège corse. Celui-ci se caractérise en effet, par un rapprochement important des strates qui traduit

une faible variabilité de l'avifaune, d'une strate à l'autre. Nous verrons que ce phénomène est en rapport avec le caractère insulaire de cette région.
Le cortège algérien se distingue par une allure quelque peu intermédiaire entre les deux cas précédents, Corse d'une part ; Pologne - Bourgogne - Provence d'autre part. 2 groupes de strates se dessinent. le premier est constitué des 4 premières strates (au lieu de 3 dans les successions européennes). Ces 4 strates constituent les maquis au sens large et se démarquent des 2 dernières, qui constituent les forêts. La distance entre les 4 premières strates est relativement faible par rapport à celle des 4 premières strates des successions continentales, mais cependant plus importante que celles de la Corse. Alors que la distance entre les 2 dernières est à peu près comparable. Au vu de ces résultats, nous pouvons conclure que, globalement, la variabilité du cortège avifaunistique algérien est plus faible que celle des cortèges continentaux européens et plus importante que celle du cortège corse. Ceci suggère que le degré d'insularité corse, est plus important que celui du Maghreb ; ce qui tombe sous le sens.

La figure 48 illustre le même phénomène du point de vue des espèces. Chaque région est caractérisée par une liste d'espèces qui lui est propre. La Pologne en haut à gauche par : le Gobe-mouche à collier - le Rossignol progné - La Locustelle fluviatile - l'Hypolaïs ictérine - Le Pic noir ; la Bourgogne en bas à gauche par : - le Bouvreuil pivoire - l'Accenteur mouchet - la Mésange boréale - la Locustelle tachetée ; la Provence en bas à droite par : - la Mésange huppée - le Traquet oreillard - la Pie-grièche grise... la Fauvette à lunette - ; la Corse au milieu à droite par : - l'Alouette des champs - la Corneille mantelée - la Caille des blés -... la Fauvette Sarde - ; l'Algérie en haut à droite par : - la Cisticole des joncs - le Gobe-mouche noir, le Cochevis huppé... le Téléphone tchagra-.

Chaque région est ainsi respectivement caractérisée par 5 - 4 - 8 - 8 et 10 espèces. Blondel et Farré ont calculé que le pool d'espèces caractéristiques d'une seule région, représentait 36,7 % du pool total. L'adjonction de la succession algérienne ne modifie pas sensiblement ce chiffre, puisqu'il passe à 39 %, avec un apport de 10 espèces supplémentaires au pool européen. Ceci suggère déjà que le fond avifaunistique de la succession algérienne est peu différent de celui d'Europe. Remarquons que la suppression des 2 espèces d'origine éthiopienne, le Tchagra et le Bulbul gris, dont le Maghreb constitue la limite nord de l'aire de distribution, ramènerait le pool d'espèces uniquement présentes dans la succession algérienne, au même niveau que celui des successions provençales et Corse.

L'importance du nombre d'espèces uniquement présentes en méditerranée, par rapport aux régions médieuropéennes, est attribué par Blondel et Farré à la grande fréquence d'espèces endémiques à cette région.
Les espèces étant placées à la moyenne de leur distribution inter-strate et inter-régionale, celles à large distribution inter-régionale sont placées au centre de la figure. Nous remarquons que celles-ci sont surtout des espèces sylvatiques, avec le groupe des Mésanges bleue et charbonnière, le Merle noir, le Rouge-gorge, la Grive draine, le Pinson des arbres, le Pic épeiche, le Pic épeichette... Ces espèces constituent le pool commun aux 5 régions.

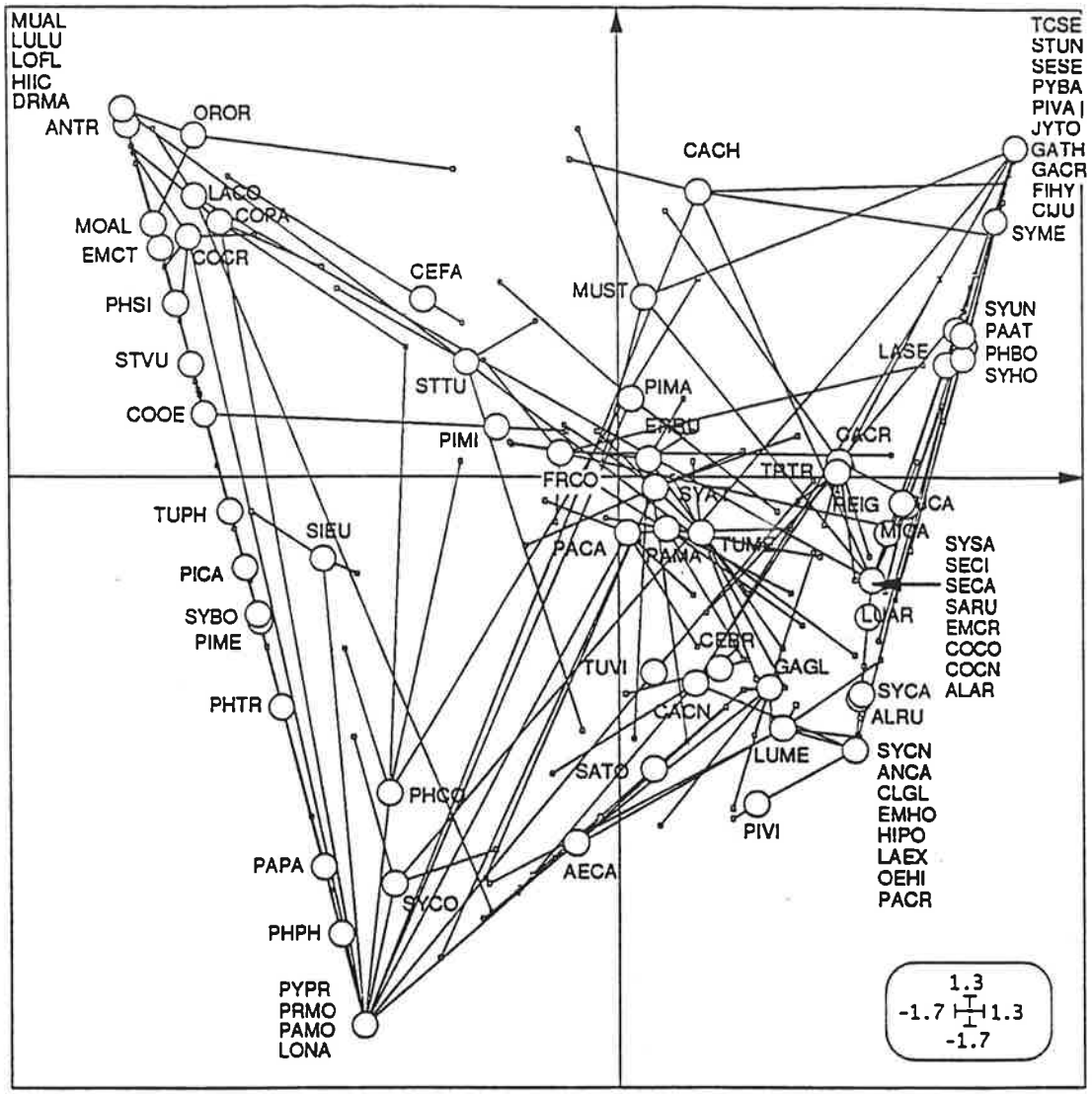


Figure 48 : *Carte 1-2 des espèces dans l'analyse de la face Espèces-Régions du cube de données. Au centre les espèces présentes dans toutes les régions, à la périphérie les espèces présentes dans une ou deux régions. Le jeu des moyennes de moyennes alignent les taxons présents dans deux régions (à gauche Pologne et Bourgogne). Les espèces à la distribution inter-régionales la plus large (au centre) sont en majorité forestières ce qui place les gradients convergents de la figure 47.*

En outre, elles caractérisent surtout les vieux stades des successions et sont à l'origine de la convergence des cortèges avifaunistiques vers les stades mûrs.

Les espèces à faible répartition régionale, réparties tout au plus dans 3 régions, sont à la périphérie de la figure. (Fauvette pitchou, Mésange noire, Pouillot de Bonelli, Fauvette orphée, Alouette lulu, Bruant proyer... pour la région méditerranéenne ; (l'axe Pipit des arbres - Rouge-queue à front blanc) pour la région médieuropéenne.

La figure 49 représente la répartition de chaque espèce assortie de son abondance dans la succession de végétation de chaque région. L'ordre des successions est PO-BO-PR-CO-AL. Elle permet une explicitation de la position des espèces dans la figure 48.



Figure 49 : *Répartition entre régions (1-5, en abscisse) et strates (1-6, en ordonnée) des 89 espèces du tableau complet.*

Nous dirons pour résumer que :

- La succession étudiée en Algérie est caractérisée par un pool d'espèces dont la richesse est presque équivalente à celle des successions européennes.

- Globalement, la réponse de son avifaune, au gradient de hauteur de la végétation est similaire à celle des successions homologues européennes, suggérant des mécanismes communs d'interaction espèces-espèces, espèces-milieu : à la vicariance des espèces près.

- Son cortège avifaunistique tend plus à se rapprocher des cortèges d'Europe méditerranéenne que de celui d'Europe continentale. Le rapprochement avec les cortèges méditerranéens se fait grâce aux espèces thermophiles (cf. Fig. 48) exploitant les strates basses et moyennes.

- Son cortège avifaunistique tend à ressembler à celui des régions européennes dès que le milieu devient forestier au sens strict et qu'y apparaissent les espèces sylvatiques.

- Le pool d'espèces algérien se caractérise néanmoins par une certaine originalité du fait de la présence de 10 espèces qui lui sont propres.

Les résultats précédents ont révélé sur la base de considérations écologiques, le jeu de dissemblances - ressemblances entre l'avifaune d'une succession forestière algérienne et celles de successions européennes. Ils n'éclairent cependant en rien les causes de ce jeu de dissemblances - ressemblances. Nous devons faire, pour cela, à la suite de Blondel (1986), appel à des considérations biogéographiques et historiques.

3 - ANALYSE BIOGEOGRAPHIQUE DE L'AVIFAUNE FORESTIERE NICHEUSE DE LA REGION D'ANNABA - EL-KALA :

C'est à partir des types fauniques de Voous (1960) que nous avons procédé à l'analyse de la composition biogéographique des oiseaux forestiers nicheurs de la région d'étude. Nous avons utilisé dans ce cadre, la liste d'espèces contactées lors des sondages par I.P.A, afin de fournir une image aussi complète que possible, de la composition biogéographique des peuplements (Tableau 29).
Les types fauniques ont également été quantifiés en densité afin de pondérer le poids des espèces rares et de prendre la mesure exacte de l'importance que prend un type faunique dans un habitat donné (Tableau 30). Cette pondération par les densités a éliminé les espèces dont l'abondance n'était pas connue, sans que, toutefois, la structure d'ensemble des résultats n'en soit affectée.

Les types fauniques tels que définis par Voous (op.cit.), désignent les espèces qui ont réalisé leur spéciation dans une zone biogéographique bien précise et qui occupent une aire géographique définie.

Pour ce qui concerne notre succession, 10 types fauniques ont été identifiés.

- Le type faunique Méditerranéen : il comprend la faune de la région méditerranéenne.

- Le type faunique Turkestano-méditerranéen : il comprend la faune des régions à été chaud et sec de l'Europe du sud et du sud-ouest asiatique nichant dans les steppes basses et chaudes.

- Le type faunique Européo-turkestanien : il comprend la faune des régions tempérées et méditerranéennes de l'Europe et du Sud-ouest asiatique.

- Le type faunique Européen : il comprend la faune des régions tempérées et méditerranéennes de l'Europe.

- Le type faunique Paléarctique : il comprend la faune des régions froides, tempérées et subtropicales de la moitié nord de l'ancien monde.

- Le type faunique Holarctique : il comprend la faune des régions froides, tempérées et subtropicales de l'hémisphère nord.

- Le type faunique de l'Ancien Monde : il comprend la faune des grandes masses continentales de l'Eurasie et de l'Afrique au sud du Sahara.

- Le type faunique Ethiopien : il comprend la faune africaine au sud du Sahara.

- Le type faunique Paléoxérique : il comprend la faune des steppes et déserts du sud du paléarctique.

- Le type faunique Indo-africain : il comprend la faune qui est, actuellement largement dispersée, mais qui, à la fin du Tertiaire et au Pléistocène, était distribuée de manière continue du sud de l'Asie, au nord et au centre de l'Afrique.

Nous avons représenté l'évolution des types fauniques le long de la succession en ayant conservé l'intégralité des stades successionnels. Afin de simplifier la lecture des graphes, nous avons regroupé les types fauniques par affinité biogéographique (Blondel, 1978). C'est ainsi que les types Holarctique, Paléarctique et Européen ont été regroupé en un type Boréal. Les types Turkestano-méditerranéen et Méditerranéen en un type Méditerranéen.

Stades / Types fauniques	1	* 2	* 3	* 4	5	* 6	* 7	8	* 9
Boréal	7	6	9	10	13	16	16	17	22
Méditerranéen	4	7	6	6	9	7	6	1	3
Européo-turkesta	3	2	5	5	6	7	5	5	3
Ethiopien	0	2	2	2	3	2	1	0	0
Ancien monde	1	0	1	1	0	1	0	3	1
Indo-africain	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Paléoxérique	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Tableau 29 - Evolution des types fauniques quantifiés en richesse. Les stades homologues à ceux des successions européennes sont marqués d'un astérisque.

Stades / Types fauniques	1	* 2	* 3	* 4	5	* 6	* 7	8	* 9
Boréal	5,4	1,6	8,3	22	15	24	46	43	72
Méditerranéen	0,7	25	23	22	27	31	8,6	3	0,7
Européo-turkesta	5,4	0,3	2,2	4,2	4,6	3,8	3,6	3,4	1
Ethiopien	0	0,2	1	1,4	1,3	0,9	0,1	0	0
Ancien monde	0,3	0	0	0	0	0	0	0,3	0,4
Indo-africain	0,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0
H'	1,6	0,5	1,3	1,5	1,5	1,4	0,9	0,7	0,2

Tableau 30 - Evolution des types fauniques quantifiés en densité.
H' = diversité des peuplements calculée sur la structure des types fauniques.

L'examen de la figure 50 révèle que la richesse du type faunique Boréal augmente régulièrement le long de la succession, pour culminer dans la forêt caducifoliée de Chêne zéen, où elle représente 75 % des espèces. Ainsi, plus l'écosystème tend vers une structure de type forêt, plus l'avifaune est à affinité boréale.

A l'inverse, la richesse du type faunique méditerranéen, après avoir manifesté une légère tendance à l'augmentation dans les maquis, diminue dès que la végétation prend un caractère arboré, pour ne plus représenter que 10 % des espèces au terme de la succession.

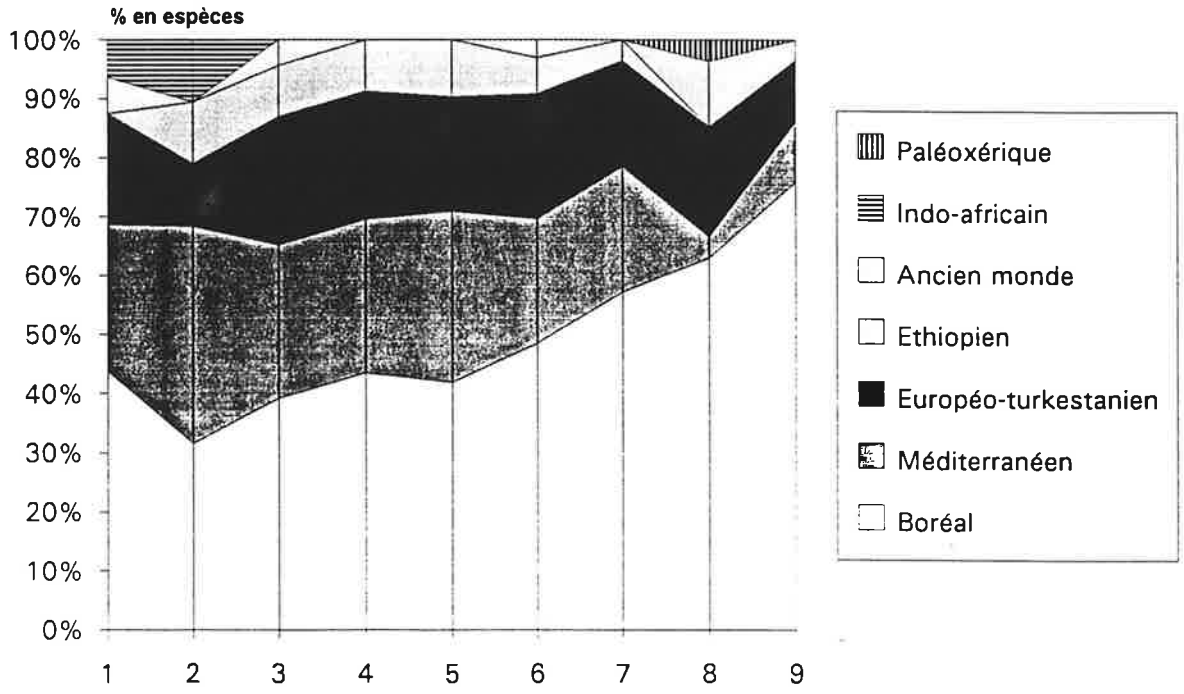


Figure 50 : Evolution des types fauniques quantifiés en % des richesses.

Ce phénomène a déjà été mis en évidence par Blondel (1979, 1982) dans les forêts du nord de la Méditerranée.
De tous les stades de la succession, seul le maquis bas, c'est-à-dire le stade ligneux le plus dégradé, compte une majorité d'espèces à affinité méditerranéenne.

Remarquons en outre, que la richesse du type faunique Européo-turkestanien présente en gros la même tendance que celle du type Méditerranéen. Ce type faunique est composé de nombreux fringillidés comme la Linotte, le Verdier, le Chardonneret, mais également de sylviidés comme la Fauvette grisette, de columbidés comme la Tourterelle des bois. Nous avons vu que ces espèces se caractérisaient par leur thermophilie et avaient tendance à ne fréquenter que les milieux ouverts de basse altitude. La méditerranéïté des 3 fringilles est par ailleurs, conforme aux observations de Newton (1967) cité par Rocamora (1987), qui a relevé le caractère héliophile de ces espèces.

La figure 51 représente l'évolution des types fauniques quantifiés en % des densités. La pondération des richesses par l'abondance des espèces révèle globalement la même tendance, c'est-à-dire une augmentation de la densité de l'avifaune boréale le long de la succession et une évolution inverse de l'avifaune méditerranéenne.
L'avifaune boréale représente 97 % des densités du peuplement du dernier stade de la succession, alors que l'avifaune méditerranéenne n'en représente plus que moins de 1 %.
Un examen détaillé de la figure 51 révèle cependant, que l'avifaune méditerranéenne domine, en densité, dans les stades ouverts et semi-ouverts (stade 2 à 6), c'est-à-dire, les maquis en général. Phénomène que masquait la quantification par les richesse.

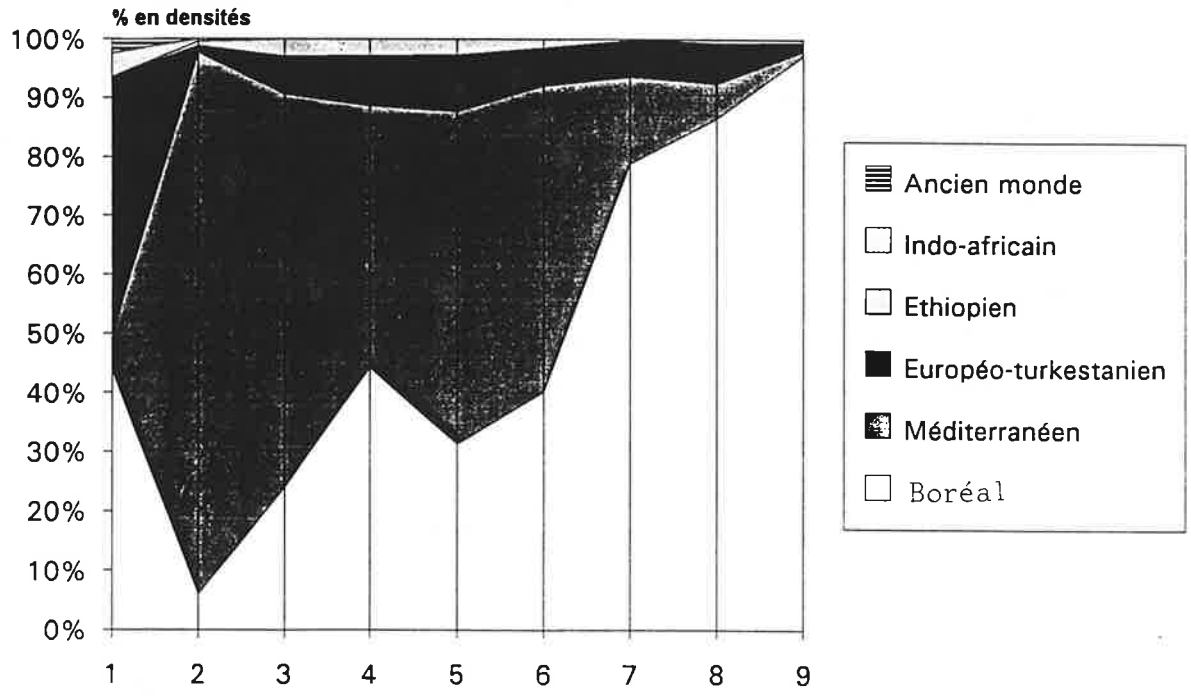


Figure 51 : Evolution des types fauniques quantifiés en % des densités.

En procédant au calcul de la diversité informatique, par l'indice de Shannon, de la structure des types fauniques par biotope (Tab. 30), on constate que les stades intermédiaires (maquis moyen à maquis à strate arborée dense) sont ceux où la diversité biogéographique est la plus forte. C'est dans ces milieux que la plupart des espèces se retrouvent. Aussi bien celles à affinité Boréale que celles à affinité Tropicale, Méditerranéenne et Européo-turkestanienne. Nous verrons plus loin que ce phénomène n'est pas sans rapport avec la tendance des espèces à affinité Boréale à exploiter des milieux de type méditerranéen.
En outre, la faible diversité des stades mûrs, traduit le déséquilibre important de la structure des types fauniques, provoqué par la domination sans partage de l'avifaune Boréale, dans ces milieux.

Si l'on considère globalement les 70 espèces du secteur écologique échantillonné, on constate que 33 d'entre elles, soit 47 %, sont à affinité Boréale ; 17, soit 24 % sont à affinité Méditerranéenne ; le reste étant partagé entre les types Européo-turkestanien (14 %), Ancien-monde (6 %), Ethiopien (4 %), Indo-africain (3%° et Paléoxérique (1,5 %).

Incontestablement, le fond avifaunistique de la région est à affinité Boréale.
Cette avifaune boréale ne se distribue pas, cependant, n'importe comment dans le milieu. Elle exploite en effet, surtout les milieux à caractère arboré c'est-à-dire les forêts, plutôt que les milieux buissonnants de type maquis.
C'est effectivement dans la subéraie, pourtant forêt typiquement méditerranéenne et surtout dans la zénaie, dont le caractère caducifolié est plus en rapport avec le caractère boréal de l'avifaune, qu'elle est le mieux représentée et la plus abondante.
En revanche, les maquis sont numériquement dominés par une avifaune à affinité Méditerranéenne qui pénètre peu dans les forêts. Les seules espèces méditerranéennes qui ont été observées dans la zénaie sont l'Etourneau unicolore, la Fauvette orphée et la Perdrix gambra.
Cette dominance numérique ne s'accompagne pas cependant, d'une dominance spécifique ; la richesse du type Boréal restant supérieure. Ceci suggère que si le fond avifaunistique méditerranéen est moins riche que le Boréal, il est en revanche plus adapté à un habitat de type maquis. Or ce type de milieu constitue la composante forestière la plus répandue en Méditerranée en général et au nord Maghreb en particulier. On est donc amené à se demander pourquoi l'avifaune qui lui est associée, est qualitativement plus pauvre que celle, Boréale, associée à un type de milieu pourtant beaucoup plus réduit en superficie. Nous allons le voir dans le paragraphe suivant.

4 - ELEMENTS DE PALEO-BIOGEOGRAPHIE DE L'AVIFAUNE MEDITERRANEENNE :

Plusieurs travaux ont concouru à faire la lumière sur la mise en place de l'avifaune dans le bassin méditerranéen. Leur ensemble constitue une documentation pluridisciplinaire ; climatologique (Daget, 1980), paléozoologiques (Moreau, 1954) ; Mourer-Chauviré, 1975), paléobotaniques (Pons, 1981, 1984), écologiques (Blondel, 1981 , 1982 , 1985 ; Blondel et Frochot, 1976)... ils ont été synthétisés par Blondel (1986).

Deux éléments principaux ont déterminé la mise en lace de l'actuelle avifaune du bassin méditerranéen : Les vicissitudes climatiques de la fin du Tertiaire et du Quaternaire qui ont affecté les continents septentrionaux et la grande diversité orographique et physiographique du pourtour méditerranéen.
Les données paléoclimatiques ont révélé de nombreuses modifications du climat, dans ce qui constitue aujourd'hui l'ensemble Europe-Asie. Ces modifications climatiques, caractérisées par l'alternance de périodes froides et de périodes plus chaudes, se sont répercutées sur les aires de répartition de la flore et de la faune de ces continents. Celles-ci modifiaient leur répartition en suivant, en quelque sorte, le déplacement des conditions écoclimatiques qui leur étaient les plus favorables.
Cette translation des conditions écoclimatiques, s'est effectuée dans une direction nord-sud. En période de refroidissement, la limite des glaciers progressait vers le sud, reculant dans cette direction les aires respectives des espèces végétales et animales. En période de réchauffement, c'est le flux inverse qui se produisait.
Le refroidissement du nord de l'Europe au cours de la dernière glaciation, le Wurm, qui s'acheva il y a environ 10.000 ans, s'est soldé à cette période, par un recul des massifs forestiers de ce continent. Ces forêts se sont alors retrouvés confinées au bassin méditerranéen, qui correspondait désormais, du point de vue climatique, à leur préférendum. Ce recul des massifs forestiers européens, a naturellement entraîné celui, entre autre, de l'avifaune, faisant du bassin méditerranéen, un refuge écoclimatique pour les forêts et les oiseaux d'Europe (Blondel, 1986).
De nombreuses observations paléozoologiques, en France méditerranéenne, ont mis en évidence la coexistence d'espèces d'oiseaux aux affinités biogéographiques très différentes, c'est-à-dire boréale, montagnarde et méditerranéenne (Mourer-Chauviré, 1975). La diversité orographique de la région, a permis un étagement en altitude, d'une végétation et d'une faune qui l'était en latitude.
Ainsi tout le bassin méditerranéen, a pris, peu ou prou, un caractère biogéographique composite ; tant botanique que zoologique.

L'analyse pollinique a révélé par ailleurs, que la grande majorité des terres émergées de cette région, étaient recouvertes de forêts caducifoliées (Pons, 1984).
Le caractère le plus marquant et le plus important, était leur quasi-continuité autour du bassin méditerranéen.
Blondel (1986) estime que c'est ce double caractère, à la fois forestier et continu, des formations végétales en Méditerranée, durant la période des glaciations, qui est à l'origine de la dominance d'une avifaune de type boréal dans cette région. Ces éléments boréaux, n'ont en fait jamais cessé d'exister, puisque les formations végétales méditerranéennes étaient à dominante forestière, même durant les périodes interglaciaires, et constituaient un prolongement méridional des forêts européennes. Le fait fondamental est que le bassin méditerranéen n'a jamais constitué pour les espèces sylvatiques, un foyer de spéciation, à cause justement, du non isolement reproductif complet des diverses populations d'oiseaux, qui étaient toujours plus ou moins en contact du fait du non morcellement des forêts. Il n'y a donc pas eu d'espèces forestières typiquement méditerranéennes à l'exception de Sitta ledanti (Vielliard, 1976) en Algérie, Sitta whiteheadi en Corse, Sitta kruperi en Turquie, Parus lugubris, Dendrocopos syriacus et Serinus canaria.

Ce phénomène de non-spéciation méditerranéenne des oiseaux forestiers est à l'origine de la dominance de l'élément boréal, y compris dans les régions les plus méridionales de la méditerranée, comme le Maghreb.

Si l'isolement reproductif complet n'a pu se produire pour ces espèces, des oscillations climatiques de faible intensité ont, en revanche, contribué, par des modifications de moindre intensité du climat et de la végétation, combinées à l'effet de confinement créé par l'important relief de la région, à provoquer une importante variation sub-spécifique chez la plupart d'entre elles (Heim de Balzac, 1936). Ces variations infra-spécifiques étant d'autant plus importantes, que ne l'a été le nombre de populations isolées et la fréquence de ces isolements.
L'isolement reproductif complet de ces populations, n'a cependant jamais pu être atteint, car elles étaient remises en contact suffisamment tôt, lorsque les habitats se reconnectaient à la faveur d'un climat favorable (Blondel, op.cit.).
Pour ce qui concerne le Maghreb actuel, il est très probable que le recul des forêts et leur isolement de celles d'Europe, contribue à accentuer, dans le futur, l'isolement reproductif des éléments boréaux de cette région, surtout dans sa partie centrale, par rapport aux souches européennes.

Qu'en est-il à présent des espèces méditerranéennes ?
La grande majorité des 47 espèces dont l'origine biogéographique est située dans le bassin méditerranéen, sont des espèces thermophiles, liées à la végétation buissonnante. Blondel (1986) a discuté le cas des perdrix du genre Alectoris et surtout des Fauvettes du genre Sylvia. Il en ressort que ces dernières se caractérisent par un isolement reproductif complet, un taux de polytypisme nul et un endémisme important.
L'isolement reproductif est confirmé par l'absence d'hybrides en situation de sympatrie et même de syntopie (les maquis échantillonnés dans notre région peuvent compter jusqu'à 5 espèces de fauvette syntopiques - mélanocéphale-pitchou-à tête noire - grisette - et orphée). Comment ces espèces de milieux buissonnants ont réussi leur spéciation dans un environnement ou dominaient les arbres ?
Il ressort en fait, des recherches paléobotaniques, que la végétation méditerranéenne n'a jamais été totalement remplacée durant les glaciations (Pons, 1984).
De la végétation de type maquis est resté confinée, par taches isolées, dans les zones les plus favorables à leur maintien, c'est-à-dire les zones exposées au sud, et dont les caractéristiques édaphiques n'ont pas permis à une végétation arborée de s'installer.
Ces taches localisées ont continué à abriter une avifaune qui a subi une forte spéciation. Celle-ci a pu se réaliser à la faveur de l'important morcellement de la végétation méditerranéenne, qui ne subsistait plus qu'à l'état relictuel au sein de l'immense étendue de forêt de type boréal qui l'avait remplacée (Blondel in litt.).
L'extension actuelle de ces espèces est un phénomène secondaire. Elle est la conséquence du défrichement des forêts caducifoliées par le feu, que l'homme entreprit depuis le Néolithique. L'action de l'homme a favorisé l'extension d'une végétation de type maquis, plus dynamique sous nos latitudes, qu'une végétation forestière, l'extension des maquis a favorisé celui de l'avifaune qui lui est associée.

A la suite de Blondel et al. (1976), il semble donc bien établi que l'artificialisation du milieu soit à l'origine de l'importance que prend l'avifaune méditerranéenne dans les paysages forestiers du bassin méditerranéen ; phénomène particulièrement sensible au Maghreb où le recul des forêts est de plus en plus alarmant.

5 - LE MAGHREB EST-IL, BIOLOGIQUEMENT, UNE ILE ?

Répondre à cette question, c'est vérifier dans le détail qu'il en a les caractéristiques. De fait, une des premières, réside dans la richesse de son avifaune forestière nicheuse, inférieure à superficie égale, à celle d'une zone continentale européenne.

Ce fait représente un élément suffisant pour justifier l'apport d'arguments supplémentaires. Nous ne reviendrons pas ici sur la théorie des équilibres dynamiques de Mac Arthur et Wilson (1967) qui a déjà suscité de multiples approches expérimentales et débats contradictoires (cf. revue bibliographique in Blondel, 1986).

Nous nous proposons dans cette partie, de présenter une série d'arguments susceptibles de valider ou d'invalider la notion d'insularité rattachée au Maghreb, sur la base de critères usuellement admis pour mettre en évidence un syndrome d'insularité. Ces arguments sont basés sur le fait que l'appauvrissement spécifique d'une île, entraîne une modification du mode d'utilisation de l'espace écologique de l'île, du fait d'une diminution de la pression de compétition interspécifique (Cody, 1974 ; Ricklefs, 1979 ; Blondel, 1979, 1981, 1985, 1986).

Cette modification de l'utilisation de l'espace écologique, peut être mise en évidence par l'étude de la dynamique des peuplements d'oiseaux le long d'une succession de végétation (Ferry, Blondel et Frochot, 1976 ; Martin, 1982 ; Blondel, 1983 ; Blondel, Chessel et Frochot, 1988 ; Lo Valvo, MASSA, 1989).

Nous examinerons donc successivement, l'argument spécifique. Dans une zone biogéographique donnée, l'appauvrissement que l'on observe à l'échelle d'une île ne se répercute pas à l'échelle d'une succession insulaire. A l'échelle des biotopes, en revanche, l'appauvrissement s'effectue au niveau des stades forestiers alors que les stades intermédiaires se caractérisent par une richesse supérieure à celle des stades homologues d'une succession continentale. Cette augmentation de la richesse des stades intermédiaires des successions insulaires est due à l'élargissement de l'habitat des espèces sylvatiques. Ce qui nous amène à l'argument suivant.

L'argument dynamique (mode d'occupation de l'espace écologique par les espèces). En milieu insulaire, on assiste du fait de l'appauvrissement en espèces, à un élargissement et/ou un déplacement de niche à travers le nombre et/ou le type d'habitat utilisé par les espèces sylvatiques. Ce phénomène étant en rapport avec une diminution de la pression de compétition interspécifique.

L'argument démographique. En milieu insulaire, le faible nombre d'espèces est "compensé" par une plus grande abondance des individus à large amplitude d'habitat. C'est le phénomène de compensation de densité (Mac Arthur et al. 1972 ; Blondel, 1986).

5.1. L'argument spécifique :

Le tableau 31 Indique le nombre d'espèces par stade, des successions de végétation des 5 régions examinées dans le paragraphe 1.

Strates / Régions	1	2	3	4	5	6	Total
Pologne	3	6	18	15	29	32	39
Bourgogne	25	25	28	24	25	30	45
Provence	9	13	10	15	21	22	39
Corse	27	23	29	23	22	18	39
Algérie	12	19	22	28	24	25	42
							89

Tableau 31 : Nombre d'espèces par stade, dans les 5 successions.

La lecture du tableau 31 nous révèle que les richesses des 5 successions sont à peu près comparables. La Bourgogne se distingue toutefois par une richesse un peu plus élevée que celle des autres.
La succession algérienne se place, de ce point de vue, dans une position intermédiaire entre la région médioeuropéenne et la partie méditerranéenne de l'Europe.
On confirme ainsi que l'appauvrissement spécifique à l'échelle régionale, ne se répercute pas à l'échelle du secteur écologique, auquel une succession peut être assimilée. Si la France compte un peu plus de 25 % d'espèces forestières nicheuses de plus que le Maghreb, une succession française n'en compte pas plus qu'une succession maghrébine ou même, qu'une succession d'une île comme la Corse. La différence y est, du moins peu sensible.

La répartition des richesses par stades successionnels n'est pas simple à analyser, surtout celle des stades intermédiaires. Deux tendances peuvent néanmoins être dégagées en faisant la moyenne des richesses des stades forestiers, de l'Europe continentale, que l'on comparera aux richesses des strates algériennes (Tableau 32).

Strates / Régions	1	2	3	4	5	6
Richesse moyenne PO-BO-PR	12,3	14,7	18,7	18	25	28
Corse	27	23	29	23	22	18
Algérie	12	19	22	28	24	25

Tableau 32 - Richesse moyenne des strates d'Europe continale par rapport à celle des strates homologues de Corse et d'Algérie.

On remarque que la moyenne des richesses des stades forestiers (5 et 6) continentaux est supérieure à celle des mêmes strates algérienne ou corse.
En revanche, c'est le contraire pour ce qui concerne les stades pionniers et préforestiers (1 - 2 - 3 - 4). La Corse et l'Algérie s'y caractérisent par des valeurs globalement plus élevées. Les stades buissonnants des successions insulaires vrai (Corse) ou supposées telles (Maghreb), comptent en moyenne plus d'espèces que leurs stades homologues continentaux européens, tandis que leurs stades forestiers, en comptent moins. Un examen supplémentaire du tableau 31 révèle par ailleurs, que la succession algérienne a tendance à plutôt se caler entre la Provence et la Corse, pour la richesse des stades buissonnants, et plutôt entre la Provence et les successions médioeuropéennes, pour les stades forestiers.
Autrement dit, le Maghreb semble plus continental que la Provence pour les stades forestiers et moins continental pour les stades buissonants. Il est possible que ce phénomène soit dû à un effet de péninsule (1) au niveau de la Provence. Dans ce cas, pourquoi ne se manifesterait-il pas au niveau du Maghreb ?
En tout état de cause et en dépit des résultats du tableau 32, il est difficile de détecter avec précision un syndrome d'insularité maghrébine sur le seul critère de la richesse. Il est nécessaire d'en examiner d'autres.

5.2. L'argument dynamique :

Nous avons calculé l'amplitude d'habitat AH des espèces des 5 successions, afin de comparer leurs valeurs respectives par région.

Le tableau 33 regroupe les valeurs des amplitudes d'habitat des espèces communes au moins à 3 régions, y compris l'Algérie. Nous ne tiendrons pas compte des valeurs de la succession Bourguignonne, car elles sont la conséquence du traitement sylvicole qu'a subi la forêt et qui a provoqué un élargissement de la niche des espèces (Blondel et Farré, 1988).

A la droite du tableau 33 est portée une colonne bilan, dans laquelle sont identifiées les espèces de la succession algérienne qui ont une amplitude d'habitat supérieure (+), égale (=) ou inférieure (-) à celle des successions d'Europe continentale (PO - PR). Les espèces sylvatiques sont marquées d'un astérisque.

La lecture du tableau 33 révèle que sur les 24 espèces que la succession algérienne partage avec l'Europe, 15 soit 63 % d'entre-elles présentent une amplitude d'habitat supérieure. Ce chiffre englobe cependant, les espèces sylvatiques et les espèces de maquis.

(1) Appauvrissement spécifique dans les marges continentales :

Strates / Régions	PO	PR	CO	AL	Bilan
* Pic épeiche	2	1	2,18	2,42	+
* Pic épeichette	1,89	1	-	1	=
* Roitelet triple-bandeau	-	1,98	3,51	1,93	-
Tourterelle des bois	2,61	2,60	2	3,55	+
Fauvette à tête noire	3,52	2,99	3,83	3,91	+
Fauvette mélanocéphale	-	1,62	2,72	4,67	+
Fauvette pitchou	-	1,45	2,95	3,38	+
Rossignol philomèle	-	3,24	1,76	3,02	=
* Gobe-mouches gris	1,84	-	2,52	1,54	-
* Loriot d'Europe	3,32	1	-	1	-
* mésange noire	-	1	2,66	1	=
* Mésange bleue	2	1	3,17	3,93	+
* Mésange charbonnière	2	2,96	5,58	4,03	+
* Pouillot véloce	2,78	1	-	3,26	+
Verdier	1	-	3,46	2,60	+
Chardonneret	1	-	3,76	4,06	+
* Pigeon ramier	2,16	1	1	2	=
Coucou gris	-	2,59	5,50	2,75	+
* Rouge-gorge	2,98	2,79	4,89	3,69	+
* Pinson des arbres	3	1,82	4,84	5,01	+
* Geai des chênes	-	4,43	4,27	1,29	-
Troglodyte	1,65	1	4,81	5,24	+
* Merle noir	3,70	3,54	5,59	3,91	+
* Grive draine	-	1	1	1	=

Tableau 33 - Amplitude d'habitat AH6 par région, des espèces communes à au moins 3 régions y compris l'Algérie.

Si l'on ne considère que les espèces sylvatiques ; sur 15 taxons, 7 d'entre eux, soit 47 %, présentent un élargissement de niche. Le Pic épeiche, la Mésange bleue, la Mésange charbonnière, le Pouillot véloce, le Rouge-gorge, le Pinson des arbres et le Merle noir.

Certaines espèces ne présentent pas, curieusement, d'élargissement de leur amplitude d'habitat. D'autres présentent parfois des amplitudes inférieures à celle d'Europe ! Ce sont le Roitelet triple-bandeau, le Pic épeichette, le Gobe-mouches gris, le Loriot, la Mésange noire, le Pigeon ramier, le Geai des chênes et la Grive draine. On remarque que toutes ces espèces (à l'exception du Gobe-mouches gris) sont des espèces qui, en Algérie, sont confinées aux forêts d'altitude, recherchant à la fois des conditions forestières climaciques ou sub-climaciques et des conditions de relative fraîcheur ; ce qui les spécialise étroitement d'un point de vue habitat durant la saison de nidification.

Ainsi, près de 50 % des espèces sylvatiques en Algérie, manifestent un élargissement de leur amplitude d'habitat. Le même calcul pour la Corse donne un résultat de 81 % pour l'ensemble des 24 espèces et 75 % pour les espèces sylvatiques.

Il est donc incontestable que, du point de vue du mode d'occupation des milieux par les espèces, un syndrome d'insularité caractérise le Maghreb. Son intensité y est, cependant plus faible que celui qui caractérise la Corse.

Le calcul de l'amplitude moyenne d'habitat et du centre de gravité moyen par région, toutes espèces confondues (Tableau 35), résume à lui seul ce phénomène.

	PO	BO	PR	CO	AL
AH6	2,28	2,82	1,92	2,94	2,54
g	4,45	3,75	4,35	3,33	4,30

Tableau 34 - Amplitude moyenne d'habitat AH6 et barycentre écologique moyen des successions.

Abstraction faite des valeurs de la Bourgogne, on constate que la succession algérienne se place entre la Corse et l'Europe continentale, tant du point de vue de l'amplitude moyenne d'habitat, que de celui du barycentre écologique.
La valeur de ce dernier, entre la valeur de la succession provençale et celle de la succession Corse, indique en outre, un léger glissement de l'avifaune vers les stades intermédiaires ; argument supplémentaire en faveur d'une certaine insularité.

5.3. L'argument démographique :

Le tableau 35 contient par région, le total des abondances, toutes strates confondues des 7 espèces sylvatiques algériennes dont l'amplitude d'habitat est supérieure à celles qu'elles ont en Europe. La densité est exprimée en nombre de couples/600 ha.

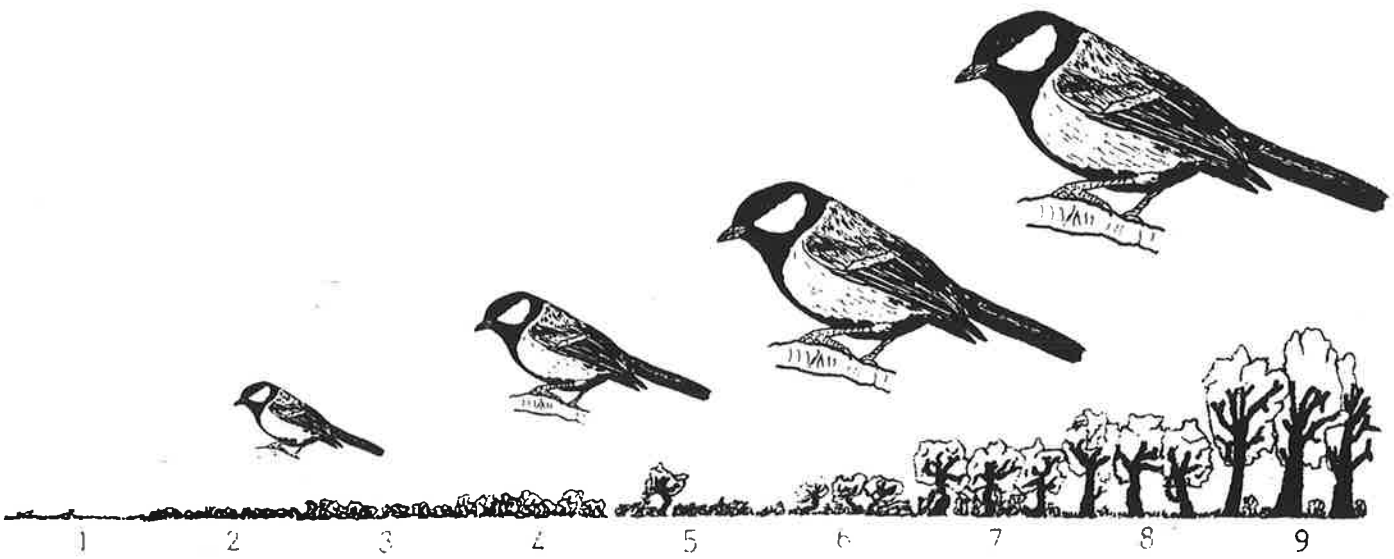
Régions / Espèces	PO	BO	PR	CO	AL	Bilan
Pic épeiche	33	14	18	16	33	=
Mésange bleue	175	245	99	219	201	+
Mésange charbonnière	101	123	85	167	121	+
Pouillot véloce	64	284	7	-	33	-
Rouge-gorge	225	164	122	226	244	+
Pinson des arbres	289	124	108	228	109	-
Merle noir	96	54	180	124	81	-

Tableau 35 - Abondance totale par région en c/600 ha des 7 espèces sylvatiques algériennes à large amplitude d'habitat.

Sur 7 espèces qui manifestent un élargissement de niche, 3 manifestent une compensation de densité, la Mésange bleue, la Mésange charbonnière et le Rouge-gorge. Le Pic épeiche manifeste le même phénomène par rapport à la Provence mais pas par rapport à la Pologne, alors que le Pinson des arbres ne manifeste aucune tendance particulière.

Le caractère quelque peu disparate de ces derniers résultats ne permet pas véritablement de conclure d'une manière générale, sur l'importance de l'argument démographique. De nombreuses nuances dans les résultats posent le problème de la confirmation réciproque des arguments. A ce point de l'analyse, il est difficile de savoir si ces nuances sont le reflet d'une réalité biologique locale, ou alors la conséquence d'un biais méthodologique (application de la procédure d'échantillonnage, homologie imparfaite des successions).

Il reste cependant que des faits incontestables militent en faveur de l'insularité biologique de notre région. Certes le Maghreb serait une grande île, dont il n'est pas exclu que la taille soit un des facteurs explicatifs des nuances évoquées précédemment ; mais une île quand même, à la lisière sud du paléarctique occidental.



CONCLUSION GENERALE

L'étude de la dynamique de l'avifaune dans une succession de végétation dans la région d'Annaba - El-Kala (nord-est algérien), a permis d'une part, de tester dans ce contexte géographique, l'applicabilité de la méthode d'échantillonnage par Indice Ponctuel d'Abondance (Blondel, Ferry et Frochot, (1970), et de préciser d'autre part, l'organisation et la structure des peuplements d'oiseaux dans les biotopes de cette région du sud de la Méditerranée.

L'important morcellement des milieux forestiers de la région n'autorisant que l'utilisation des méthodes ponctuelles d'échantillonnage, nous avons adopté la méthode des I.P.A. qui a l'avantage d'avoir fait l'objet d'une standardisation par l'I.B.C.C. en plus de celui d'être parfaitement adaptée au terrain d'étude.

L'utilisation de cette méthode semi-quantitative, selon les modalités préconisées par le standard, a cependant, permis de constater que le double comptage pouvait générer un biais important lorsque la période d'échantillonnage débutait vers la fin du mois de mars. Ce biais est provoqué par la présence, à cette période, d'espèces hivernantes qui n'ont pas encore rejoint leur zones de reproduction européennes (Grive musicienne, Pipit des prés, Bergeronnette grise...) ; mais également par la présence d'individus hivernants, qui appartiennent à des espèces qui sont localement nicheuses et qui manifestent, dans notre région, une tendance à la sédentarité (Rouge-gorge, Fauvette à tête noire).
Un second biais est provoqué par les estivants nicheurs (Loriot, Gobe-mouches noir, Hypolaïs polyglotte, Tourterelle des bois, Rossignol philomèle...) qui, lors de leur passage pré-nuptial, se répartissent de manière non sélective dans plusieurs types de milieux avant de se fixer dans leurs biotopes de nidification.

Ces observations suggèrent que certains aménagements de la méthode d'échantillonnage sont nécessaires pour l'adapter au contexte régional. Il est difficile à priori, de préciser la nature de ces aménagements ; mais il est probable qu'ils devront concerner la période et le calendrier d'échantillonnage, qui devra être ajusté à la phénologie des espèces recensées ; mais également une possible pondération du premier I.P.A. partiel de certaines espèces.

En tout état de cause, une étude sur la phénologie des espèces migratrices s'avère indispensable.
En dépit de ces inconvénients, l'utilisation de la méthode des I.P.A. dans notre contexte géographique, se révèle parfaitement justifiée par le constat à posteriori de la cohérence des résultats. Elle a permis de vérifier que les paramètres de composition et de structure des peuplements des 9 stades de la succession (richesse totale, richesse moyenne, densité totale, biomasses totales, diversité), augmentaient des stades pionniers aux stades mûrs, traduisant une dynamique de l'avifaune conforme aux lois générales de partage de l'espace écologique par les oiseaux, telles que Mac Arthur et al. (1966), Lack (1966), Blondel et al. (1973) les ont défini.

Cependant, l'évolution de ces paramètres ne correspond pas toujours au schéma établi par les expériences européennes. Pour ce qui concerne la richesse totale par exemple, nous n'avons pas mis en évidence le phénomène de dépression, le "creux de la vague", qui caractérise tant les premiers stades intermédiaires des successions européennes. Celui-ci se manifeste, dans notre succession, bien plus tard (creux de la vague différé ?) dans les premiers stades forestiers, au sens strict, mais pour des raisons différentes de celles qui prévalent en Europe, c'est-à-dire une structure particulière de la végétation.
En revanche, la richesse moyenne, la densité et la biomasse des peuplements se caractérisent par une augmentation globalement progressive de leurs valeurs respectives.

L'évolution de ces paramètres le long de la succession, révèle que la complexité de la végétation constitue le principal critère qui conditionne la réponse de l'avifaune à la modification du milieu. En outre, les bonnes corrélations calculées à partir de régressions linéaires, entre un descripteur de la complexité de la végétation, l'Eco-Volume Végétal et ces paramètres, révèle que l'E.V.V, qui intègre la dimension verticale de la végétation (la hauteur) et sa dimension horizontale (le recouvrement), constitue à la fois un modèle fiable et simple à utiliser.

L'évolution de ces paramètres reflète donc l'existence d'un gradient de complexité croissante de la végétation. Cependant, ce gradient ne correspond pas exactement à la définition à priori que nous nous sommes faite de la succession, à travers la stratification des milieux.
L'ensemble des analyses effectuées convergent sur le fait que les milieux herbacés, tels que ceux échantillonnés, constituent un biotope original qui s'intègre peu ou pas dans le gradient. Cette originalité tient dans la composition et la structure de son peuplement avien, dont les caractéristiques dépendent vraisemblablement de facteurs autres que le seul degré de complexité de la végétation. Elles tiennent probablement aussi à des facteurs en rapport avec l'instabilité saisonnière et la rythmicité annuelle de la productivité de ce milieu.

Dans les milieux ligneux qui se caractérisent par une plus grande stabilité, le gradient se dessine nettement. Là encore cependant, la définition à priori de la succession, est partiellement remise en question. L'analyse multivariée conduit à ne considérer que 5 types de milieux parmi les 8 définis à priori.

Ce regroupement des milieux, qui correspond à la perception de la mosaïque d'habitat par l'avifaune versus le forestier, conduit à distinguer :

- Le maquis bas.
- Le groupe des maquis moyen, haut, à strate arborée claire et à strate arborée dense.
- La subéraie de plaine, à laquelle sont assimilés les boisements en Pin maritime et en Eucalyptus.
- La subéraie d'altitude.
- La forêt caducifoliée de Chêne zéen d'altitude.

Le gradient qui est ainsi exprimé est la résultante de 2 phénomènes :

- le premier est l'expression même du gradient de complexité croissante de la végétation.

- le second est l'expression de l'altitude qui opère une partition entre les forêts de plaine et les forêts d'altitude. Cette partition est provoquée par la présence, dans la zénaie et la subéraie d'altitude, d'espèces dont la répartition régionale est à déterminisme altitudinal (Gobe-mouches noir, Mésange noire, Grive draine) et par celles qui réalisent dans ces habitats, leur maximum d'abondance (Pics, Grimpereaux brachydactyle, Mésange bleue et charbonnière, Geai des chênes...).

Le regroupement des milieux qui a conduit à une simplification de la succession envisagée à priori, est dû à la grande amplitude d'habitat des espèces qui les exploitent. L'analyse du mode d'occupation de l'espace par l'avifaune, a révélé qu'on pouvait distinguer 4 types d'espèces :

- Les espèces spécialistes des milieux herbacés (Bruant proyer, Cochevis huppé, Cochevis de Thekla, Bergeronnette printanière, Pipit rousseline...).

- Les espèces plutôt spécialistes des maquis (Fauvette mélanocéphale, Fauvette pitchou, Fauvette grisette, Fauvette orphée, Fauvette à lunette, Bulbul gris, Téléphone tchagra, Linotte mélodieuse, Chardonneret, Rossignol philomèle...) mais qu'on peut observer dans les forêts.

- Les espèces plutôt spécialistes des forêts (Pinson des arbres, Mésange bleue, Mésange charbonnière, Pouillot de Bonelli, Serin cini, Rouge-gorge, Merle noir, Fauvette à tête noire...) mais qu'on peut observer dans les maquis.

- Les espèces strictement spécialistes des forêts (Roitelet triple-bandeau, Pigeon ramier, Grimpereau brachydactyle, Pic épeichette, Pic de Levaillant...) auxquelles on peut rajouter celles qui sont strictement spécialistes des forêts d'altitude (Mésange noire, Gobe-mouches noir, Grive draine).

La comparaison d'une partie de la succession algérienne avec des successions homologues européennes a révélé une convergence des cortèges avifaunistiques vers les stades mûrs. Cette convergence de cortèges, indique que les peuplements des forêts de la région, possèdent de nombreuses espèces en commun avec les forêts d'Europe. En revanche, les premiers stades de la succession sont caractérisés par une avifaune originale. Cette originalité est mise en relief par le nombre des espèces uniquement présente dans la succession algérienne et dont la plupart sont des espèces de milieux bas.

L'analyse biogéographique de l'avifaune de la région d'étude a révélé que 47 % de l'avifaune des 11 milieux échantillonnés, étaient d'origine boréale, contre 24 % d'origine méditerranéenne. Cette

avifaune boréale tend à représenter l'essentiel de la composition spécifique des peuplements des stades mûrs de la succession et explique la convergence des cortèges avifaunistiques vers ces stades. Dans la zénaie, elle représente 76 % des espèces et 97 % des densités contre 10 % des espèces et 1 % des densités pour l'avifaune méditerranéenne. Celle-ci s'épanouit en revanche, dans les maquis, où elle représente en moyenne 62 % des densités.

La majeure partie des espèces d'origine biogéographique boréale en Algérie, sont des espèces sylvatiques. L'histoire de la mise en place des avifaunes méditerranéennes a révélé qu'il n'a pu y avoir de différenciation d'une avifaune sylvatique typiquement méditerranéenne (à l'exception de quelques cas isolés : Sittelles, Mésange lugubre...) dans la mesure où celle-ci ne constituait que le prolongement vers le sud de l'avifaune boréale d'une part, et que lors de son confinement dans l'aire méditerranéenne, durant les épisodes glaciaires, elle n'a pu d'autre part, aller au delà d'une sub-spéciation à cause d'un manque d'isolement reproductif complet (Blondel, 1986).
Par ailleurs, le recul des massifs forestiers dans notre région et dans le Maghreb d'une manière générale, a favorisé à l'instar des régions du pourtour méditerranéen, l'extension des milieux buissonnants (maquis et garrigue). L'extension de ce type de milieu a favorisé celui des espèces qui lui sont inféodées, notamment les fauvettes, qui deviennent ainsi de bons indicateurs de l'action destabilisante de l'homme, sur le milieu (Blondel et Frochot, 1976).

Le constat d'appauvrissement spécifique du Maghreb forestier nous a conduit à rechercher des arguments supplémentaires en faveur de l'insularité biologique de cette région. L'argument spécifique a révélé que c'est surtout l'avifaune sylvatique qui est appauvrie. Si les mécanismes de cet appauvrissement sont à rechercher dans les phénomènes d'extinction-colonisation tels qu'ils ont été définis par Mac-Arthur et Wilson (1967), il n'est pas exclu que, dans le cas du Maghreb, cet appauvrissement soit également dû à l'effet des limites des aires de distribution des espèces absentes, qui n'englobent que la partie nord de la Méditerranée (Mayr, 1974). Il est probable également que la réduction drastique des surfaces forestières ainsi que leur morcellement, soit à l'origine de la disparition de certaines espèces (Blondel, 1980).
Le constat d'élargissement de l'amplitude d'habitat de plusieurs espèces sylvatiques révèle sans conteste, un syndrome d'insularité. Celui-ci est corroboré par une infiltration des espèces sylvatiques vers les milieux buissonnants et traduit un glissement de niche vers les milieux bas (martin, 1982).

En revanche, nous n'avons pas observé un bon parallélisme entre l'élargissement de niche des espèces et l'augmentation des densités. La compensation de densité (Mac Arthur et al. 1972 ; Blondel, 1986) est interprétée comme une réaction des espèces au relâchement de la compétition interspécifique dû à l'appauvrissement spécifique, en milieu insulaire d'une part, et au risque d'extinction de ces espèces dans ces mêmes milieux d'autre part. Il est possible que dans le cas de notre région, des facteurs historiques ou actuels, locaux, soit à l'origine de la non-compensation de densité de certaines espèces, malgré leur élargissement de niche (structure particulière du milieu, disponibilité de certaines ressources

trophiques, forte pression de compétition exercée par un compétiteur vicariant de l'espèce compétitrice européenne, disparition "récente" d'un compétiteur...).

L'état actuel des connaissances ne permet pas, de toute évidence, de connaître la nature de ces facteurs. D'une manière générale, de nombreuses études sont encore nécessaires voir indispensables, en Algérie, pour accéder au minimum de connaissances susceptibles de nous éclairer sur les interactions qui se produisent entre les espèces d'une part, entre les espèces et le milieu d'autre part. Dans un pays où la connaissance de la flore et de la faune de certaines régions n'a pas encore atteint le stade de l'inventaire, la tache peut paraître démesurée en regard du potentiel humain disponible. Il n'empêche que la volonté d'en accomplir au moins une partie, existe. C'est dans ce cadre que le présent travail, ô combien incomplet, prétend y contribuer.

BIBLIOGRAPHIE

AFFRE (G.) (1976).- Quelques réflexions sur les méthodes de dénombrements d'oiseaux par sondages (IKA et IPA) : une approche théorique du problème. Alauda 44 : 387-409.

AOUADI H. (1986).- Végétation en relation avec le milieu naturel dans région d'Annaba. Mém. D.E.A, Univ. Grenoble, 58 p.

ARNOULD M. (1961).- Six mois d'observations ornithologiques à Hassi messaoud (octobre 1959 - avril 1960). L'oiseau et R.F.O. 31:140-152.

BAZI A. (1988)/- Contribution à l'étude de l'avifaune du parc national de Chréa-station Ghallaie. Mém. d'ing. I.N.A Alger. 70 p.

BELAIR DE 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 2, tome tableaux et figures, tome texte 193 p.

BENYACOUB S., SAMRAOUI B. & DE BELAIR G. (1992).- Le parc national d'El-Kala : espace à protéger. Conférence, C.C.F. Annaba.

BLONDEL J. (1969).- Méthodes de dénombrement des populations d'oiseaux. in Problèmes d'écologie: Echantillonnage des populations de vertébrés en milieux terrestres par LAMOTTE et BOURLIERE : 97 151, Masson, Paris.

BLONDEL J. (1969).- Synécologie des passereaux résidents et migrateurs dans le midi méditerranéen français. Centre Rég. Document. Pédagog. Marseille, 247 p..

BLONDEL J., FERRY C., FROCHOT B. (1970).- La méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A.) ou des relevés d'avifaune par "stations d'écoute". Alauda, 38:55-71.

BLONDEL J., FERRY C., & FROCHOT B. (1973).- Avifaune et végétation, essai d'analyse de la diversité. Alauda, 41 : 63-84.

BLONDEL J. (1975).- L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique. I. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P.).- Terre Vie, Rev. Ecol., 29:533-589.

BLONDEL J. & FROCHOT B. (1976).- Caractères généraux de l'avifaune Corse ; effets de l'insularité et influencede l'homme sur son évolution. Bull. Soc. Hist. Nat. Corse. 619/620 : 63-74.

BLONDEL J. (1976).- Stratégies démographiques et successions écologiques.-Bull. Soc. Zool. Fr., 101:695-718.

BLONDEL J., (avec la collaboration de DAVID, P.; LEPART, J. et ROMANE,F.) (1978). L'avifaune du Mont-Ventoux, essain de synthèse biogéographique et écologique. La Terre et la Vie, 32, supp. 1 :111-145.

BLONDEL J. et HUC R. (1978).- Atlas des oiseaux nicheurs de France et biogéographie écologique.- Alauda, 46:107-129.

BLONDEL J. (1979).- Biogéographie et écologie.- Masson, Paris, 173 p.

BLONDEL J. (1980).- L'influence du morcellement des paysages sur la structure des communautés. Acta Oecologica, Oecol. gener., (1).1:91-100.

BLONDEL J. (1980).- Structure et dynamique des peuplements d'oiseaux forestiers. In Actualités d'écologie forestière. Gauthiers-Villars, Paris : 367-388.

BLONDEL J., FERRY C., & FROCHOT B. (1981).- Point counts with unlimited distance. Studies in Avian Biology, 6 : 414-420.

BLONDEL J. (1981).- Structure and dynamics of bird communities in méditerranean habitats. In DI CASTRI, F., GOODALL, D.W. et SPETCH R.L., Mediterranean Type Shrublands : 361-385, Elsevier, Amsterdam.

BLONDEL J. (1982).- Caractérisation et mise en place des avifaunes dans le bassin méditerranéen. Ecologia mediterranea, t. 8 : 253-272.

BLONDEL, J. et CHOISY, J.P.,(1983).- Biogéographie des peuplements d'oiseaux à différentes échelles de perception : de la théorie à la pratique. Acta oecologica/Oecol. génér., Vol. 4; 1 : 89-110.

BLONDEL J. (1985).- Habitat selection in island versus mainland birds. In:Cody M.L. (ed) Habitat Selection in birds. Aca. Press, Orlando, San Diego, 477-516.

BLONDEL J., (1986).- Biogéographie évolutive.- Masson, Paris, 221 p.

BLONDEL J., CHESSEL D. & FROCHOT B. (1988). Bird species impoverishment, niche expansion, and density inflation in mediterranean island habitats. Ecology, 69 (6). 1899-1917.

BLONDEL J. & FARRE H. (1988).- The convergent trajectories of bird communities along ecological successions in european forests. Oecologia (Berlin), 75 : 83-93.

B.N.E.D.E.R. (1992).- Enquête sur l'agriculture de montagne dans la région d'El-Kala. Document préliminaire, 90 p..

CHALABI. B. (1990).- Contribution à l'étude de l'importante des zones humides algériennes pour la protection de l'avifaune : cas du lac Tonga (parc national d'El-Kala). Thèse de Magister, I.N.A. Alger, 131 p..

CODY M.L. (1974).- Compétition and the structure of bird communities.- Princeton Univ. press, Princeton NJ, 318 p..

DAGET J. (1976).- Les modèles mathématiques en écologie.Masson. Paris. 172 p.

DAGET P. (1977).- Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, mode de caractérisation, Vegetation, 34 (1):1-20.

DAGET P. (1977).- Le bioclimat méditerranéen : Analyse des formes climatiques par le système d'Emberger, Vegetation, 34 (2): 87-103.

DAGET P. & GODRON M. (1978).- Vocabulaire d'écologie. Hachette, Paris. 273 p.

DUPUY A. (1966).- Liste des oiseaux rencontrés en hiver au cours d'une mission dans le Sahara algérien. L'oiseau et R.F.O. 31:140-152.

EMBERGER L. (1955).- Une classification biogéographique des climats. L'année biologique. 3e série, t 31: 249-255.

EMBERGER L. (1955).- Une classification biogéographique des climats.- Rec. Tr. Lab. Bot. Géo. Zool.Fac.Sci. Montpellier, Ser. Bot. 7:3-43.

ETCHECOPAR R.D. & HUE F. (1964).- Les oiseaux du nord de l'Afrique, Boubée, Paris.

FARINA A. (1983)/- Quantitative méthods of habitat description in ornithological studies : a review.

Bird census and atlas studies. Proc. 8th Int. Conf. Bird Census and Atlas Work. K. Taylor, R.J. Fuller & P.C. Lack (eds).

FERRY C. (1960).- Recherches sur l'écologie des oiseaux forestiers en Bourgogne. I. L'avifaune nidificatrice d'un taillis-sous-futaie de Querceto-carpinetum scilletosum. Alauda, 28:93-123.

FERRY C. et FROCHOT B. (1970).- L'avifaune nidificatrice d'une forêt de chênes pédonculés en Bourgogne. Etude de deux successions écologiques. La terre et la Vie, 24:153-251.

FERRY C. (1976).- Un test facile pour savoir si la richesse d'un peuplement se rapproche de sa richesse réelle. Le Jean le blanc, 15:21-28.

FERRY C., BLONDEL J. et FROCHOT B. (1976).- Plant successionnal stage and faunal structure on an island. Proc. 16th Int. Orn. Congr. Australia. Acad. of Scien. A.C.T., 643-653.

FRANCOIS J. (1975).- Contribution à la connaissance de l'avifaune de l'Afrique du Nord. Alauda 43: 279-292.

FROCHOT B. (1971).- Ecologie des oiseaux forestiers de Bougogne et du Jura. Thèse Dijon, 144 p.

FROCHOT B. (1983).- A quantitative study of edge effect. in:Purroy F.J. (ed)., Bird census and mediterranean landscape. Proc. 7th int. Conf. Bird Census I.B.C.C. (Leon 1981) - Univ. Leon, Spain, 64-66.

FROCHOT B. (1987).- Synergism in bird communities: a method to measure edge effect. Acta Oecologica, Oecol. Gener., 8.(2):253-258.

FRONTIER S. & PICHOD-VIALE D. (1991).- Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. Masson, Paris. 392 p.

GAUSSEN H. & VERNET A. (1958).- Notice de la carte internationale du tapis végétal: feuille Tunis Sfax. Bull. Serv. carte phytogéographie, série A,t.3.

GLOWACINSKI Z. (1975).- Succession of bird communities in the Niepolomice forest (Southern Pland). Ekol. pol. 23 : 231-263.

HAAPANEN (A.) 1966.- Bird fauna of the Finnish forest in relation to forest succession. II. Ann. Zool. Fenn. 2 : 153-196.

HAAS W. (1969).- observations ornithologiques dans le nord-ouest de l'Afrique. Alauda 43:317-319.

HEIM DE BALZAC H. (1936).- Biogéographie des Mammifères et des Oiseaux de l'Afrique du Nord. Pres. Univ. Fran. Paris. 446 p.

HEIM DE BALZAC H. et MAYAUD N. (1962).- Oiseaux du nord-ouest de l'Afrique. Lechevalier, Paris.

HUTCHINSON G.E. (1959.- Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals, American Naturalist 93 : 145-159.

I.B.C.C. (1969).- Recommendations for an internationnal standart for a mapping method in bird census work. Bird Study 16:248-255.

I.B.C.C. (1977).- Censuring breeding birds by the I.P.A. method. Pol. ecol. stud. 3: 15-17.

JOHNSTON D.W., ODUM E.P. (1956).- Breeding bird population in relation to plant succession on the Piedmont of Georgia. Ecology. 37:50-62.

JOLEAUD L. (1936).- Etude géologique de la région de Bône et de la Calla. La Typo - Litho et J. Carbonel Ed. Alger.

JORGENSEN O.H. (1974). Results of IPA-censues on Danish farmland. Acta ornithol. 14: 310-320.

JUNQUA C. (1954).- A propos de l'Hydrocirius columbiae S. De l'intérêt biogéographique de la Calle. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord. T45 : 318-322.

KARR J.R. & ROTH R.R. (1971).- Vegetation structure and avian diversity in several new World areas. American naturalist, 105:423-435.

KLOPFER H. (1972).- Habitat et territoire des animaux. Gauthier - Villars Ed. 150 p.

LACK D., LACK E. (1951).- Further changes in bird-life caused by afforestation.- J. Anim. Ecol., 20:173-179.

LACK D. (1966).- Population studies of birds. Clarendon press, Oxford, Oxford Univ. Press.

LEBRETON P., TOURNIER H., LEBRETON J.D. (1976).- Etude de l'avifaune du Par National de la Vanoise.- Trav. Sci. Parc NAT. Vanoise, 7:163-243.

LEDANT J.-P., JACOB J.-P., JACOBS P., MALHER F., OCHANDO B. & ROCHE J. (1981).- Mise à jour de l'avifaune algérienne. Le Gerfaut 71: 295-398.

LE FUR R. (1975).- Notes sur l'avifaune algérienne. Alauda 43: 317-319.

LEGENDRE L. & LEGENDRE P. (1979). - Ecologie numérique (tome 2) : la structure des données écologiques. Masson, Paris. 254 p.

LO VALVO M., MASSA B. (1989).- Les communautés d'oiseaux nicheurs dans des successions à Chêne vert Quercus ilex en Sicile et en Corse. Alauda, 57 (4) : 308-318.

MAC ARTHUR R.H., RECHER H. & CODY M.L. (1966).- On the relation between habitat selection and species diversity. American naturalist, 100 : 319-332.

MAC ARTHUR R.H., MAC ARTHUR J.W. (1961).- On bird species diversity, II.Prediction of bird censu from habitat measurements.- Am. Nat., 96:167-174.

MAC ARTHUR R.H., WILSON E.O. (1967).- The theory of island biogeography.- Princeton Univ. Press. Princeton NJ,USA.

MAC ARTHUR R.H. (1968).- The theory of the niche. in Lewontin, Population biology and evolution. Syracuse university press, Syracuse.

MAC ARTHUR, R.H., DIAMOND J.M. AND KAAR J.R., (1972).- Density compensation in Island faunas. Ecology, 53 : 330-342.

MAC LEAN G.L. (1985).- Robert's Birds of Southern Africa. John Voelcker Bird Book Fund, Le Cap.

MAC NAUGHTON (S.J.) et WOLF (L.L.) 1973.- General Ecology. Holt, Rinchart et Winston, Newyork.

MAIRE R. (1926).- Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. DIR. Agric. Com. Colon. Imp. Pap. Baconnier frères, Alger 48 p plus notice.

MAIRE R. (1931).- Les progrès de la connaissance botanique en Algérie depuis 1830. coll. cent. Masson et Cie Ed. Paris, 227 p.

MARTIN, J.L. (1980).- Problèmes de biogéographie insulaire : le cas des oiseaux nicheurs terrestres de Corse. Rev. Ecol. (Terre et Vie), 36 : 297-419.

MARTIN J.L. (1982).- L'infiltration des oiseaux forestiers dans les milieux buissonnants de Corse.- Rev. Ecol.(Terre Vie), 36:397-419.

MAYR, E., 1974. Populations, espèces et évolution. Hermann, Paris.

MOURER-CHAUVIRE, C. (1975).- Les oiseaux du Pleistocène moyen et supérieur de la France. Thèse d'Etat Univ. Claude Bernard. Lyon.

MULLER Y. (1985).- L'avifaune forestière nicheuse des Vosges du nord, sa place dans le contexte médo-européen.- Thèse Sci., Univ. de Dijon, 318 p.

MULLER Y. (1987).- L'avifaune nicheuse des deux successions écologiques du Pin sylvestre et du Hêtre dans les Vosges du Nord. In:Blondel J., Frochot B. (eds.), Bir census and atlas studies. Proc. 9th Int. Conf. Bird Census Atlas Work.- Acta Oecol. Oecol. Gen., 8:185-189.

NOUR N. (1989).- Contribution à l'étude de l'avifaune du parc national d'El-Kala. Mém. ing. I.N.A Alger. 100 p.

ODUM, E.P., 1971. Fundamentals of Ecology. (3rd edition), Saunders, Philadelphia.

OUNADA M. (1987).- Contribution à l'étude de l'avifaune du lac Oubeira. Mém. D.E.S. univ. Annaba. 40 p.

OZENDA P. (1975).- Sur les étages de végétation dans les montagnes du bassin méditerranéen. Documentation de cartographie écologique, Univ. de Grenoble, XVI:1-32.

OZENDA P. (1954).- Observations sur la végétation d'une région semi-aride : Les Hauts Plateaux du sud algérois. Bul. Soc. Hist. Nat. de l'Afrique du Nord. Alger, T 115:134-165.

PERRINS C., CUISIN M. (1987).- Les oiseaux d'Europe. Delachaux & Niestlé Ed, Neuchâtel (Suisse). 320 p.

POUGH (R.H.) 1950.- Comment faire un recensement d'oiseaux nicheurs. La Terre et la Vie 97e année, N° 4 : 203-217.

PRODON, R. & LEBRETON, J.D., 1981. Breeding avifauna of a mediterranean succession : the holm oak series in the easterne Pirenees. I. Analysis and modelling of the structure gradient. Oikos, 37 : 21 38.

PRODON R. (1988).- Dynamique des systèmes avifaune-végétation après déprise rurale et incendies dans les Pyrénées méditerranéennes siliceuses. Thèse de doctorat d'Etat. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris 6, 333 p.

RICKLEFS R.E. (1980).- Ecology. (2nd edition). Nelson eds, London. 966 p.

ROBBINS C.S. (1978).- Census Techniques for Forest Birds. Proc. Work. Management of Southern Forest for Nongame Birds. Atlanta, U.S Dept. of Agriculture, 142-163.

ROCAMORA G. (1987).- Biogéographie et écologie de l'avifaune nicheuse des massifs péri méditerranéens d'Europe occidentale.- Thèse Doct. Ing. Sci. Agron., Ecole Nat. Sup. Agron. Montpellier, 210 p.

SAMRAOUI B., BENYACOUB S. & MICIBAH S. (1992).- Rediscovery of two relict dragonflies in Algeria, Notu. Odonatol. 2:295-296.

SCHOENENBERGER A. (1972).-Contribution à l'étude de l'avifaune estivale des massifs du Chelia et des Beni Imloul. Alauda 40: 23-36.

SELTZER P. (1946).- Le climat de l'Algérie. Trav. Inst. Météo. et Phys. du globe. La typo-Litho Ed. Alger.

S.E.T.H.Y.C.O. (1977).- Etude du marais de la Mekkhada : carte pédologique au 1/50000. Ministère de

l'hydraulique, Annaba.

SPITZ F (1982).- Conversion des résultats d'échantillonnages ponctuels simples d'oiseaux en densités de population.- Oiseau Rev. Fr. Ornitho., 52:1-14.

SVENSSON (S.) 1974.- Interpersonal variation in species map evaluation in bird census work with the mapping method . Acta ornithologica 14 : 322-338.

THEVENOT M. (1979).- Contribution à l'étude écologique des passereaux forestiers du Plateau central et de la Corniche du Moyen Atlas (Maroc).- Thèse 3ème cycle. Univ. Lyon I, Villeurbanne. 111 p.

THOMAS J.P. (1975).- Ecologie et dynamique de la végétation des dunes littorales et des terrasses sableuses quaternaires de Jijel à El-Kala (Est algérien). Thèse de 3e cycle, Univ. Scien. Tech. Langu. Montpellier.

TOMAS F. (1977).- Annaba et sa région. Thèse de doctorat d'état. Univ. de Saint-Etienne, 720 p.

TOUBAL O. (1986).- Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie nord-orientale). Cartographie au 1/25000. Thèse de doctorat de 3e cycle. Univ. Grenoble, 109 p.

TURCEK F.J. (1957).- The bird succession in the conifer plantations on mat-grassiand in Slovakia (SRS).- Ibis, 99:587-593.

VIELLIARD J. (1976).- Un nouveau témoin relictuel de la spéciation dans la zone méditerranéenne Sitta ledanti (AVES / Sittidae). C.R. Acad. Sci. 283 D : 1193-1195.

VOOUS K.H. (1960).- Atlas of European birds.- Nelson, London, 284 p.

WALANKIEWICZ (W.) (1977).- A comparison of the mapping method and I.P.A. results in Bialowieza national Park. Pol. ecol. Stud. 3 : 119-125.



ANALYSE CANONIQUE DES CORRESPONDANCES ET RELATIONS AVIFAUNE-VÉGÉTATION

Résumé

La fiche met en parallèle des propriétés de l'analyse des correspondances, l'analyse de co-inertie, l'analyse discriminante et l'analyse canonique des correspondances sur un couple de tableaux avifaune-structure de la végétation.

Sommaire

1. Analyse des correspondances préliminaire

1.1 Données traitées (Cartes AviAnnaba) 2
1.2 Moyennes réciproques 4
1.3 Sélection de données 6
1.4 Réorganisation du tableau. 7
1.5 Variables supplémentaires 8

2. Analyse de co-inertie

3. Analyse canonique des correspondances

3.1 Exécution 16
3.2 Analyse discriminante et analyse canonique des correspondances 17
3.3 Analyse des correspondances (AFC) et analyse canonique des correspondances (ACC) 21
3.4 l'ACC comme AFC et régression multiple 26

4. Conclusion

4.1 Bilan méthodologique 31
4.2 Bilan expérimental 32

1. Analyse des correspondances préliminaire

1.1 Données traitées (Cartes AviAnnaba)

220 relevés fournissent deux types de mesures. Le premier concerne l'avifaune, le second l'architecture de la végétation. Ces 220 relevés sont uniformément répartis (20 relevés par strate) en onze strates d'échantillonnage, à savoir :

a — Pelouses (h ≤ 25 cm)
b — Maquis bas (h ≤ 60 cm)
c — Maquis moyen (h = 1,40 m)
d — Maquis haut (h = 2,40 m)
e — Maquis à strate arborée claire (h = 5,50 m et r = 14%)
f — Maquis à strate arborée dense (h = 5,40 m et r = 35%)
g — Subéraie à sous-bois (h=7,70 m)
h — Subéraie sans sous-bois (h=10,4 m)
i — Zénaie (h=17,6 m)
j — Pinéraie à pin maritime (h=7,60m)
k — Eucalyptaie (h=18 m)

Le tableau d'avifaune Dens compte 220 lignes et 48 colonnes-espèces dont le code est contenu dans le tableau 1. Il donne une estimation de l'abondance locale (stationelle) d'une espèce dans un relevés.

1	COCO	Caille des blés	25	SYAT	Fauvette à tête noire
2	COPA	Pigeon ramier	26	SYHO	Fauvette orphée
3	STTU	Tourterelle des bois	27	SYCO	Fauvette grisette
4	CUCA	Coucou gris	28	SYME	Fauvette mélanocéphale
5	PIVI	Pic de Levaillant	29	SYUN	Fauvette pitchou
6	PIMA	Pic épeiche	30	PHCO	Pouillot véloce
7	PIMI	Pic épeichette	31	PHBO	Pouillot de Bonelli
8	JYTO	Torcol	32	REIG	Roitelet triple bandeau
9	GACR	Cochevis huppé	33	MUST	Gobe-mouches gris
10	GATH	Cochevis de Thekla	34	FIHY	Gobe-mouches noir
11	ALAR	Alouette des champs	35	PAMA	Mésange charbonnière
12	LUAR	Alouette lulu	36	PACA	Mésange bleue
13	ANCA	Pipit rousseline	37	PAAT	Mésange noire
14	MOFL	Bergeronnette printanière	38	CEBR	Grimpereau des jardins
15	PYBA	Bulbul gris	39	MICA	Bruant proyer
16	TCSE	Téléphone tchagra	40	COCR	Gros-bec
17	LASE	Pie-grièche à tête rousse	41	CACH	Verdier
18	TRTR	Troglodyte	42	CACR	Chardonneret
19	TUVI	Grive draine	43	CACN	Linotte mélodieuse
20	TUME	Merle noir	44	SESE	Serin cini
21	SATO	Traquet pâtre	45	FRCO	Pinson des arbres
22	LUME	Rossignol philomèle	46	STUN	Etourneau unicolor
23	ERRU	Rouge-gorge	47	ORIOR	Loriot d'Europe
24	CIJU	Cisticole des joncs	48	GAGL	Geai des chênes

Tableau 1 : code des taxons du tableau 220 relevés - 48 espèces

Le tableau de milieu Mil compte 220 lignes et 8 colonnes-variables, à savoir :

1 - Altitude (m)
2 - Hauteur totale de la strate arborée (m)
3 - Hauteur de la première branche (m)
4 - Recouvrement de la strate arborée (%)
5 - Hauteur de la strate buissonnante (m)
6 - Recouvrement de la strate buissonnante (%)
7 - Hauteur de la strate herbacée (m)
8 - Recouvrement de la strate herbacée (%)

On est en présence du problème classique de couplage d'un tableau faunistique et d'un tableau mésologique. Le tableau Dens relève d'une analyse des correspondances (Lebreton & Yoccoz, 1987*). On compare ici trois méthodes d'introduction de l'information sur le milieu dans l'interprétation de la structure faunistique. On rappelle ainsi une des propriétés fondamentale de l'analyse des correspondances en usage en écologie.

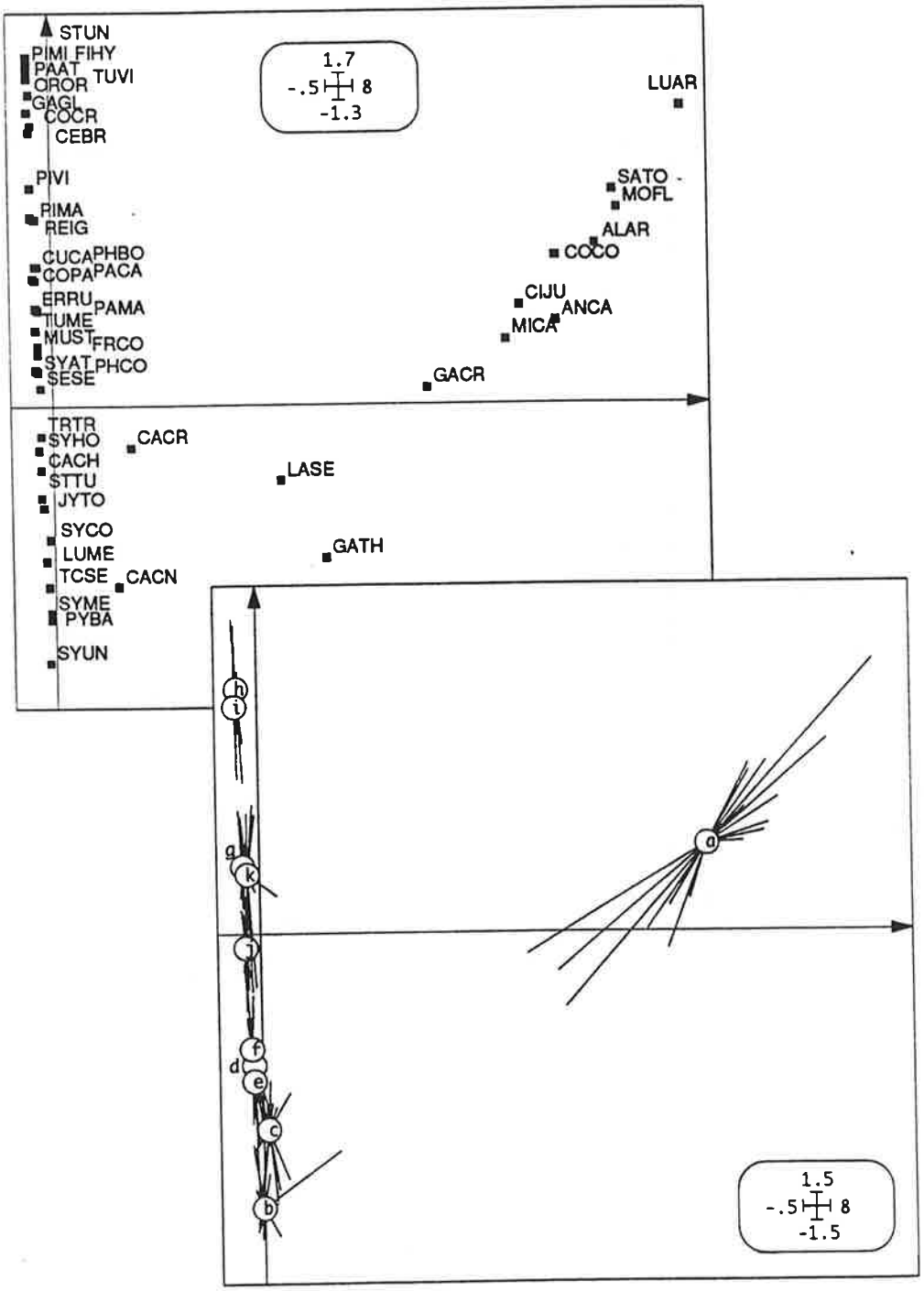


Figure 1 : Plans 1-2 de de l'analyse des correspondances du tableau Dens (220-48).

1.2 Moyennes réciproques

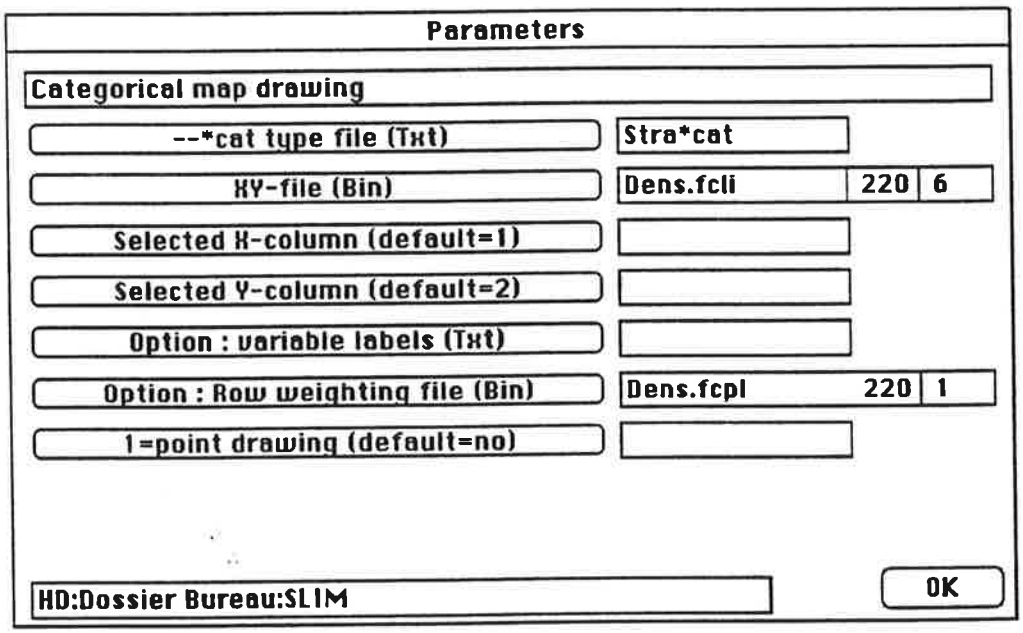
Exécuter l'analyse des correspondances du tableau Dens avec **fc/COA** et **DiagoRC** :

```
Input file : D ens.fcta
Rows = 220  Columns = 48

Total inertia   3.915791

---------------- Eingenvalues ------------------
/  1:.7961E+00/.2033/0.2033/  2:.5228E+00/.1335/0.3368
/  3:.3001E+00/.0766/0.4135/  4:.2262E+00/.0578/0.4712
/  5:.2156E+00/.0550/0.5263/  6:.2022E+00/.0516/0.5779
/  7:.1309E+00/.0334/0.6113/  8:.1145E+00/.0292/0.6406 etc
```

Conserver 6 facteurs. Il est clair que deux facteurs sont certainement interprétables (figure 2). Effectuer la carte des relevés en utilisant la partition en strates comme information complémentaire. Créer un fichier Stra avec **Creat1Categ** (11 classes de 20 points), le lire avec **ReadCateg** et utiliser **ScatterCateg** pour obtenir la figure 1 (en bas). Ne pas oublier d'introduire la pondération des lignes propre à l'AFC :



L'axe 1 isole la strate pelouse et l'axe 2 ordonne les autres strates. L'expérience se distingue donc franchement de celle de Blondel et Frochot (Blondel & Coll., 1988*), comme celle de Prodon & Lebreton (1981*) par absence d'effet Guttman discuté dans Lebreton & Coll., 1988*). La carte des espèces est obtenue avec **Scatter** (Figure 1, en haut). On obtient deux structures typiques (partition strate a contre les autres sur l'axe 1, ordination des strates b à j sur l'axe 2) articulées par les espèces de transition entre les strates a et b,c.

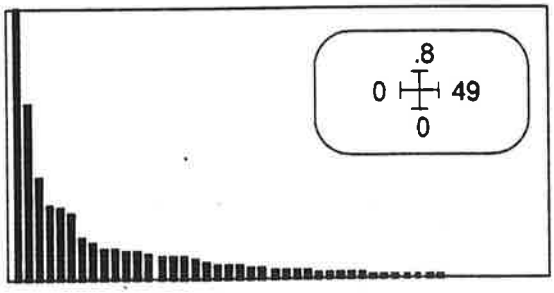


Figure 2 : Valeurs propres de l'analyse des correspondances du tableau Dens (220-48).

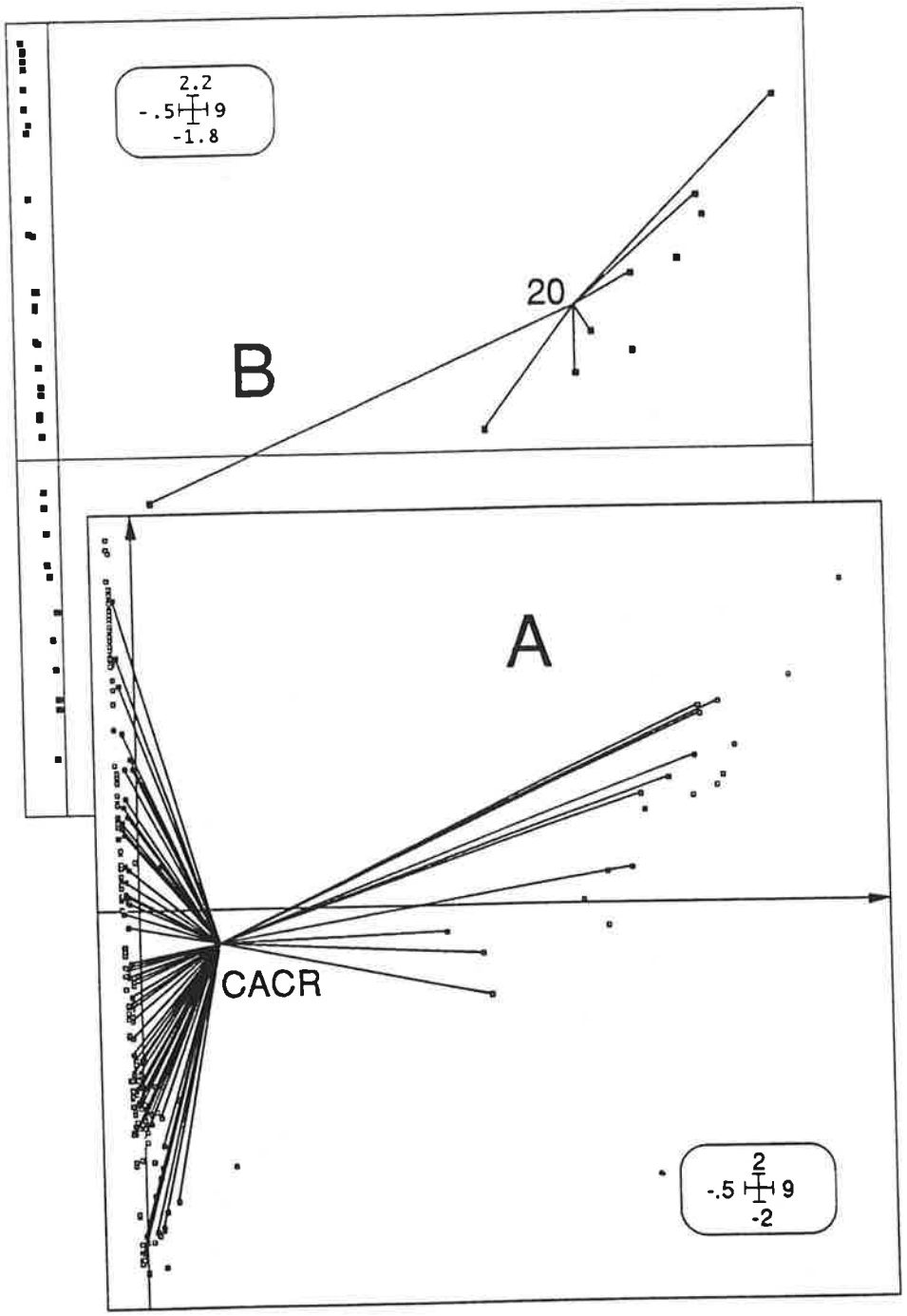


Figure 3 : Schéma de principe du double averaging en AFC. A : Position des 220 relevés (points) avec des coordonnées de variance unité et position (coordonnées de variance lambda) du taxon CACR à la moyenne pondérée des relevés où on le trouve. B : Position des 48 taxons (points) avec des coordonnées de variance unité et position (coordonnées de variance lambda) du relevé 20 à la moyenne pondérée des taxons qu'où y trouve.

Une des propriétés de l'analyse des correspondances est de positionner les espèces par des codes numériques pour maximiser la variance des positons des relevés obtenues par averaging, comme de positionner les relevés par des codes numériques pour maximiser la variance des positions des espèces obtenues par averaging (voir Hill 1973*, Estève 1976*, Chessel & Coll. 1982*). Les deux cartes de la figure 1 sont donc reliées par des relations de moyennes conditionelles à une dilatation près. Le module **CoaBetCol** permet d'obtenir la figure 3 pour illustrer le principe.

Utiliser **CoabetCol** sur le fichier Dens.fcvp puis transposer le tableau Dens par Transpose qui donne un fichier DensTR (48 lignes-espèces et 220 colonnes-relevés). Préparer l'AFC de

DensTR par **fc/Coa** et diagonaliser par **DiagoRC**. On obtient les mêmes valeurs propres que dans l'AFC de Dens : simplement les résultats sur les lignes et les colonnes sont échangés entre les AFC de Dens et DensTR. Utiliser **CoaBetCol** sur DensTR.fcvp.

On retient que la première strate a un contenu avifaunistique franchement original et qu'un gradient ordonne espèces et relevés du reste du tableau.

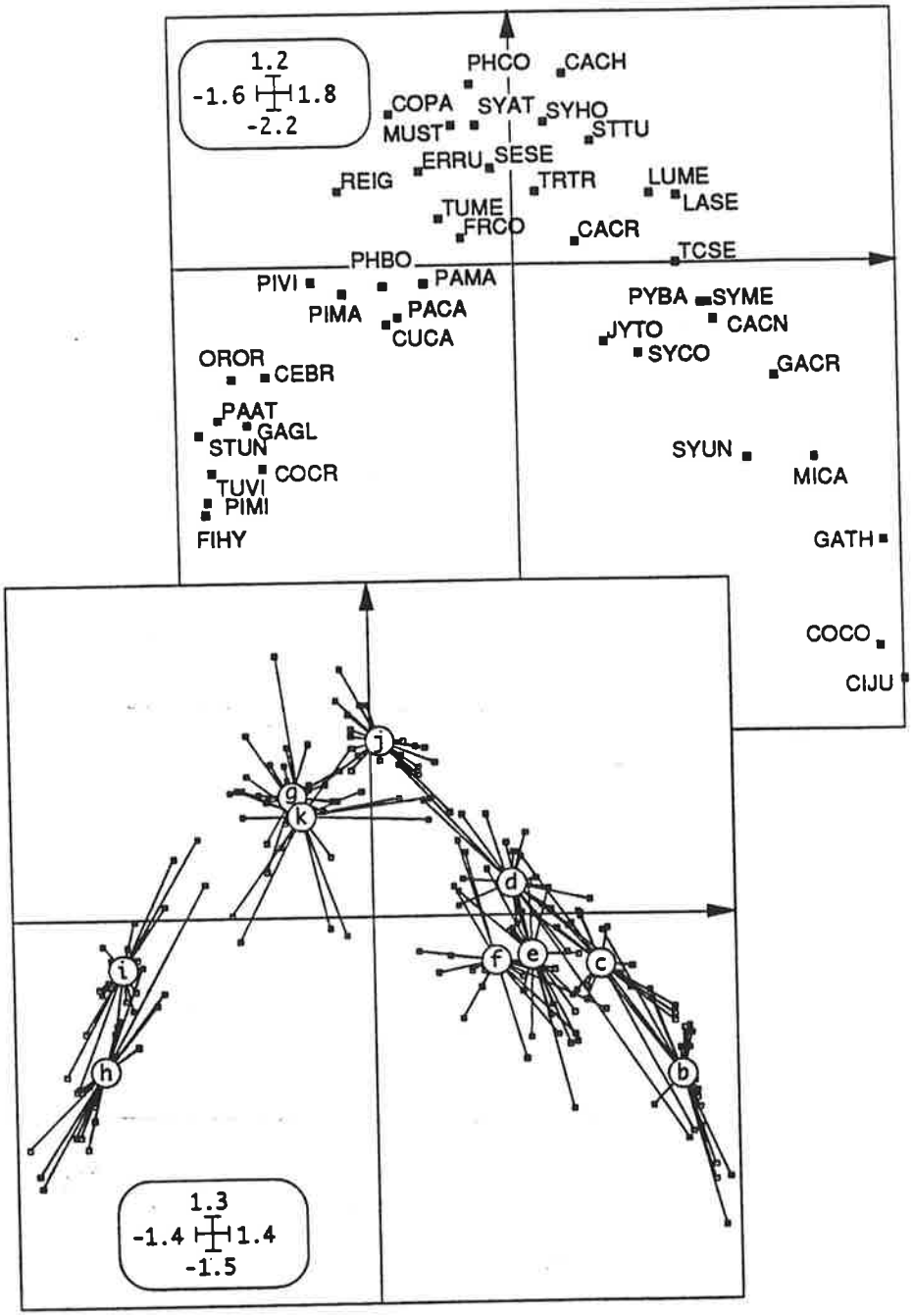


Figure 4 : Plans 1-2 de l'analyse des correspondances du tableau D (220-.43).

1.3. Sélection de données

Extraire les lignes 21 à 220 du tableau Dens, avec **SelectRow**, pour obtenir D1 (200 lignes et 48 colonnes). Eliminer les colonnes nulles (taxons strictement limités à la strate a), avec **RCZeroErase**, pour obtenir D (200 lignes et 43 colonnes). Eliminer avec Excel™ les noms

d'espèces n° 11, 12, 13, 14 et 21 pour obtenir Code_Esp (43 chaînes de 4 caractères). Refaire l'analyse des correspondances de D (**fc/Coa** et **DiagoRC**) :

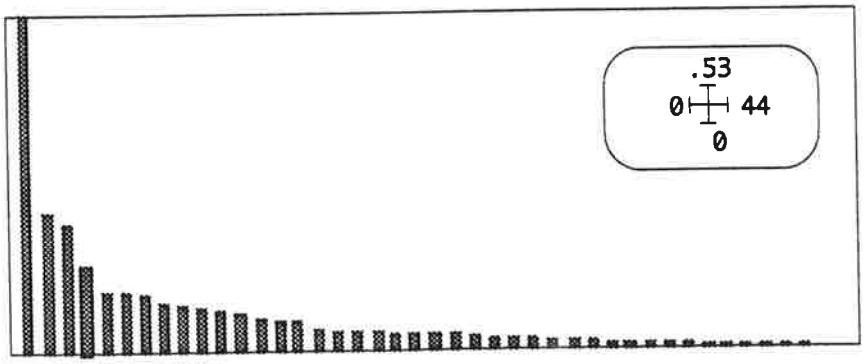
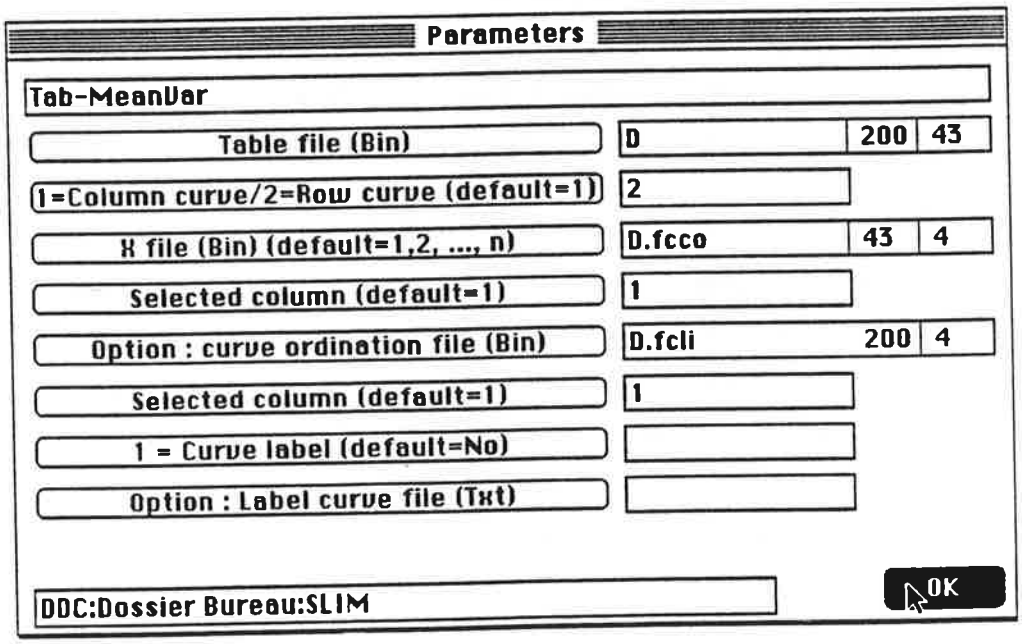


Figure 5 : Valeurs propres de l'analyse des correspondances de D.

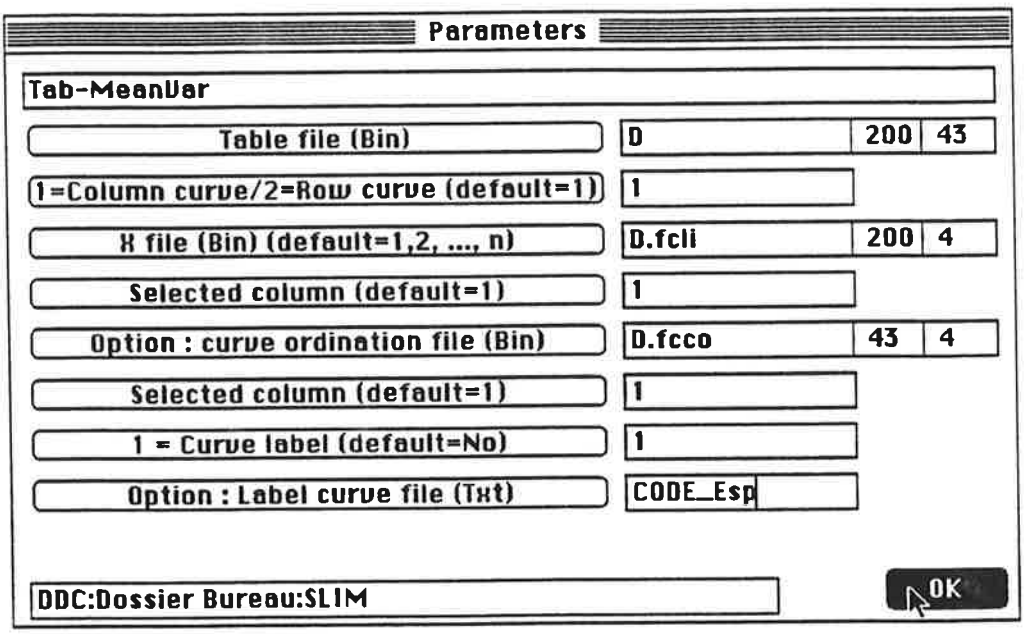
Garder 4 facteurs en observant que le premier (qui est le second de la précédente analyse) est prépondérant, d'autant plus que le second semble être un effet Guttman sur le premier (figure 4). Extraire du tableau Mil (220-8) les lignes 21 à 220 pour obtenir M (200-8) et refaire le fichier Stra (200-1), en utilisant 10 classes de 20 points. Relire Stra avec **ReadCateg**. On cherche dans M la combinaison de variables qui explique le gradient.

1.4. Réorganisation du tableau.

L'analyse des correspondances code numériquement les espèces (figure 6A). Ce code permet d'attribuer à chaque relevé une moyenne et une variance (figure 6B : moyenne figurée par un cercle, intervalle d'un écart-type autour de la moyenne figuré par un segment). La variance des moyennes est optimisée. En multipliant chaque moyenne par la racine carrée de la première valeur propre, on obtient un code numérique des relevés (figure 6C) qui permet de positionner les espèces par moyenne conditionelle (figure 6D). Là encore on maximise la variance des moyennes conditionelles. En multipliant chaque moyenne par la racine carrée de la première valeur propre, on obtient un code numérique des espèces (figure 6A). L'AFC optimise la variance des positions des relevés par un code numérique qui dérive du tableau par double averaging. On peut discuter à partir de la figure 6 la diversité en espèces d'un relevé ou l'amplitude d'habitat d'un taxon (Cf. Thioulouse & Chessel, 1992*). Pour faire la figure 6, utiliser le module **Tab-MeanVar**. Pour la partie gauche utiliser les paramètres :



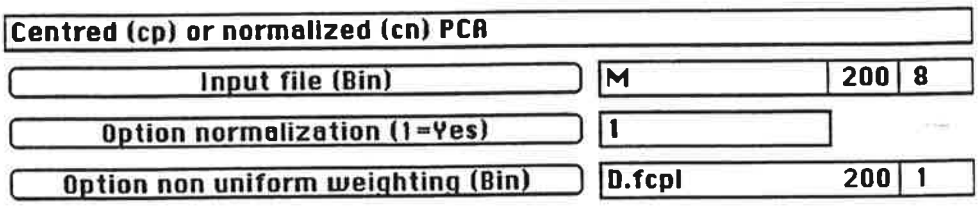
et pour la partie droite utiliser les paramètres :



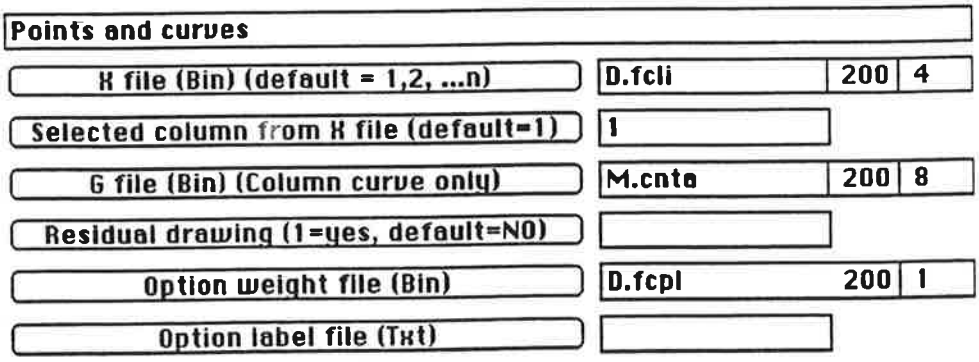
puis assembler sous MacDraw™. On retiendra dans la figure 6 la partie droite (C et D). Le code des relevés est issu du tableau traité. On peut imposer qu'il provienne d'une combinaison de variables d'un tableau distinct du tableau traité. On parle d'analyse des correspondances sous contraintes ou d'analyse des correspondances sur variables instrumentales (Lebreton & Coll. 1991*) ou d'analyse canonique des correspondances (canonical correpondance analysis, nom choisi par l'inventeur de la méthode, Ter Braak 1986*, 1987*).

1.5. Variables supplémentaires

La plus simple des manières de relier la structure d'ordination des relevés (le facteur 1 de l'AFC de D) et les variables de milieu est d'étudier le mode de variation de ces variables en fonction de ce facteur. Il faut d'abord normaliser ces variables. Le code issu de l'AFC étant centré pour la pondération marginale du tableau D, il est indispensable, pour des raisons de cohérence, d'utiliser cette pondération pour réduire le tableau M. Utiliser **cp/cn/PCA** avec :



Obtenir alors la figure 7 avec **LowessGraph** et les paramètres :



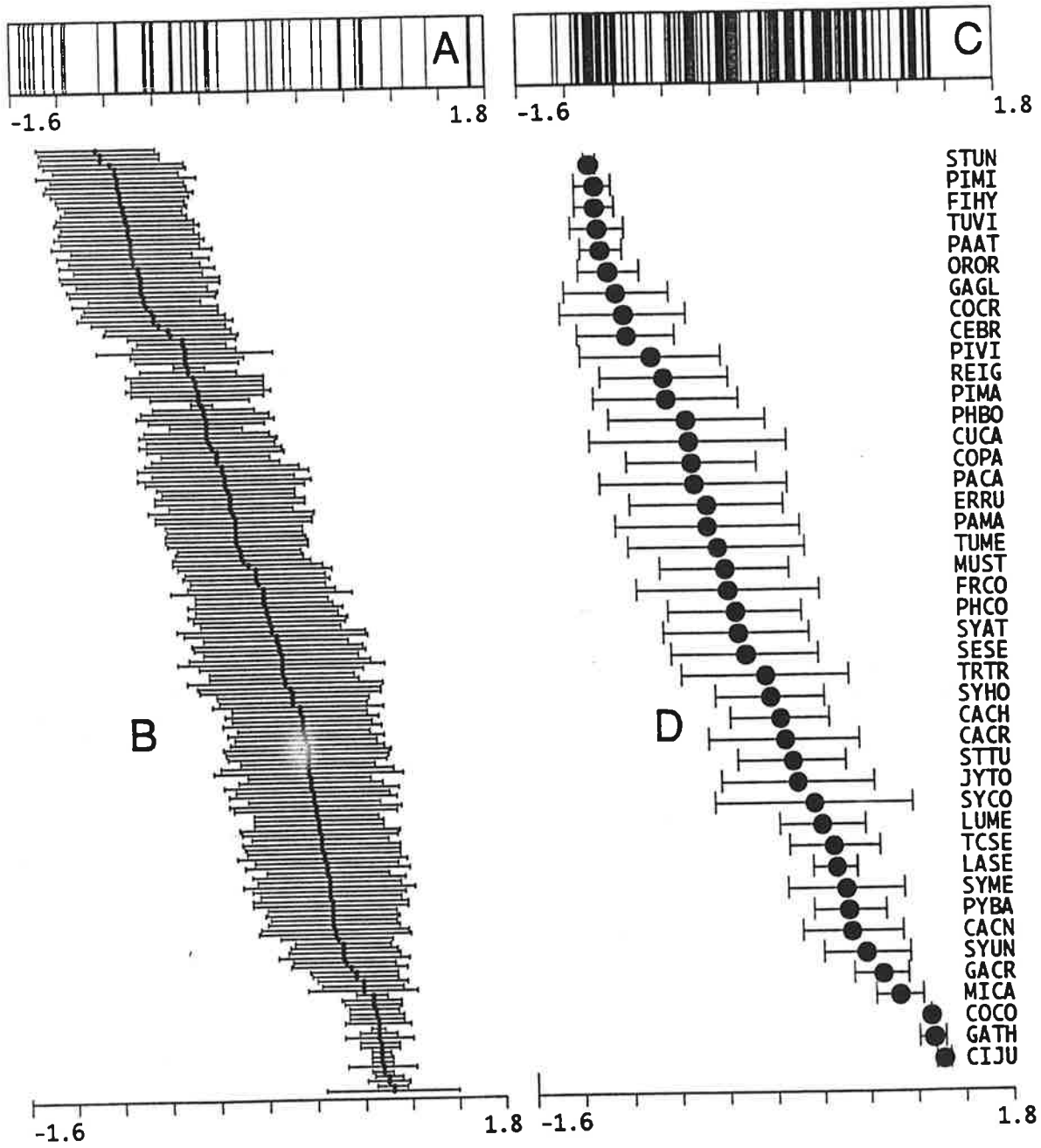


Figure 6: Ordination réciproque des espèces et des relevés par l'analyse des correspondances du tableau D (220-43). La figure est obtenue par deux passages dans ***Tab-MeanVar****.*

On a utilisé un lissage sur 21 points pour obtenir la figure 7. La relation entre les variables de milieu et le code F_1 peut se quantifier de deux manières. La première consiste à calculer chaque corrélation et faire la moyenne des carrés de corrélation. La seconde consiste à faire la régression multiple du code F_1 sur les 8 variables et à retenir le carré de corrélation multiple. Pour obtenir les coefficients de corrélation simple, utiliser **DiaInnPro** (pour **Dia**gonal **Inn**er **Pro**ducts ou produits scalaires diagonaux) :

Diagonal Inner Product : YtDX			
Input file X (Bin)	D.fcli	200	4
X option 1=cent 2=stand 3=norm	2		
Input file Y (Bin)	M.cnta	200	8
Y option 1=cent 2=stand 3=norm			
Weights 0(1/nlig) 1(File) 2(unity)	1		
Option weight file (Bin)	D.fcpl	200	1
Output file (none=screen)			

qui affiche :

```
Lig   1/ -.7192E+00 -.4064E+00 +.3574E+00 +.2984E-01
Lig   2/ -.8134E+00 +.4944E-01 +.3743E-01 +.9826E-01
Lig   3/ -.7547E+00 -.2019E+00 -.5756E-01 +.8077E-01
Lig   4/ -.8472E+00 +.2105E+00 -.7958E-01 +.9596E-01
Lig   5/ +.2104E+00 +.6632E+00 +.1734E+00 +.1327E+00
Lig   6/ +.7107E+00 +.3776E+00 +.1895E+00 +.1936E+00
Lig   7/ -.9051E-02 +.4393E-01 +.9325E-01 -.4265E-02
Lig   8/ -.4870E+00 -.1456E+00 +.4114E+00 -.5994E-03
```

une matrice à 8 lignes (variables) et 4 colonnes (facteurs), qu'on peut conserver en réutilisant l'option Output file dans un fichier Cor8-4. Le programme **DiaInnPro** sert aux calculs des matrices de corrélation, de covariances, de produits scalaires entre fichiers de manière très souple. Il convient de noter ici qu'on utilise un fichier D.fcli centré par colonnes (propriétés des coordonnées) qui est normalisé par l'option standardisation (2) et un fichier M.cnta qu'on ne modifie pas puisqu'il est déjà normalisé. L'usage de poids (1) et du fichier D.fcpl est impératif, puisqu'il définit les moyennes, variances et covariances associées à l'AFC de D. Le résultat est une matrice de corrélation variables (lignes), facteurs (colonnes). Le même programme avec les paramètres :

Diagonal Inner Product : YtDX			
Input file X (Bin)	Corr8-4	8	4
X option 1=cent 2=stand 3=norm			
Input file Y (Bin)	Corr8-4	8	4

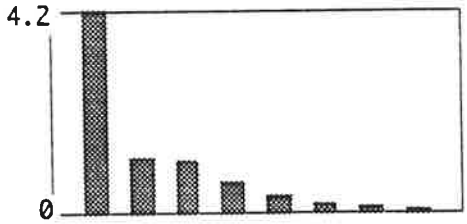
affiche :

```
Lig   1/ +.4066E+00 +.8805E-01 -.2584E-01 -.9726E-02
Lig   2/ +.8805E-01 +.1073E+00 -.2226E-02 +.1970E-01
Lig   3/ -.2584E-01 -.2226E-02 +.4784E-01 +.7638E-02
Lig   4/ -.9726E-02 +.1970E-01 +.7638E-02 +.1017E-01
```

et indique que 0.4066 est la moyenne des 8 carrés de coefficients de corrélation linéaire variables-facteur. Il suffit de connaître la définition du produit de matrice $Y^t D_n X$ de terme général :

$$a_{jk} = \sum_{i=1}^{n} p_i \, y_{ij} \, x_{ik}$$

La liaison des variables de milieu avec le facteur 1 est donc forte et un tets d'hypothèse est inutile. Pour obtenir le carré de corrélation multiple (R^2) commencer par effectuer l'ACP de M par **DiagoRC** sur M.cnta :



qui indique la présence d'un facteur essentiel. On a conservé trois facteurs en prévision des analyses suivantes.

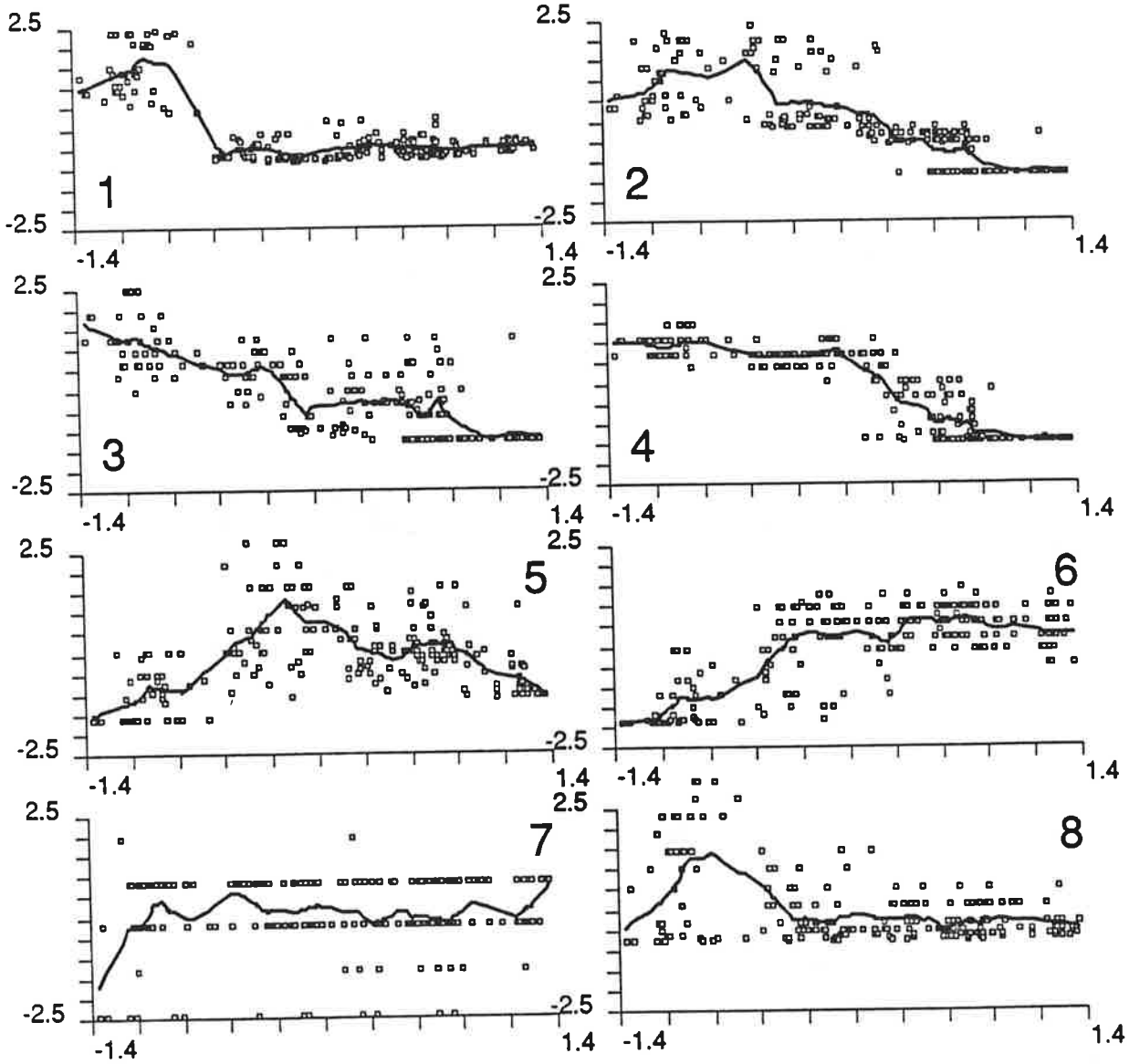


Figure 7 : En abscisse position des 200 relevés sur le facteur 1 de l'ADC de Dens. En ordonnée, valeurs normalisées des 8 variables de milieu. 1 - Altitude ,2 - Hauteur totale de la strate arborée, 3 - Hauteur de la première branche, 4 - Recouvrement de la strate arborée (%), 5 - Hauteur de la strate buissonnante, 6 - Recouvrement de la strate buissonnante, 7 - Hauteur de la strate herbacée, 8 - Recouvrement de la strate herbacée.

Utiliser alors **nc/ProjTPCA** avec :

Table Y projection on X sub-space			
X table (---.**vp) (Bin)	M.cnvp	8	2
Y table (Bin)	D.fcli	200	4
Model generic file name	MDMod		
Residual generic file name	MDRes		
olumn weights default=(1) 1=(1/n) 2=(File	1		
Option Column weight file (Bin)	D.fcpl	200	1

qui assure la regression multiple pondérée des facteurs (D.fcli) sur les variables (M.cnta).

Les corrélations entre les prédictions (MDMod) et les observations (D.fcli) sont (**DiaInnPro**):

```
Lig   1/ +.9505E+00 +.3327E-01 +.4943E-01 -.2203E+00
Lig   2/ +.3707E-01 +.8120E+00 -.4147E-01 +.2751E+00
Lig   3/ -.1950E-01 -.2903E-01 +.7411E+00 +.1642E+00
Lig   4/ -.4573E-01 +.1514E+00 +.9551E-01 +.3874E+00
```

soit un R^2 de 0.9 (0.9505*0.9505) pour le F_1 et 0.66 (0.8120*0.8120) pour le F_2. On a donc une très bonne prévisibilité du F_1 de l'AFC par les variables de milieu(**ScatterBiFile**) :

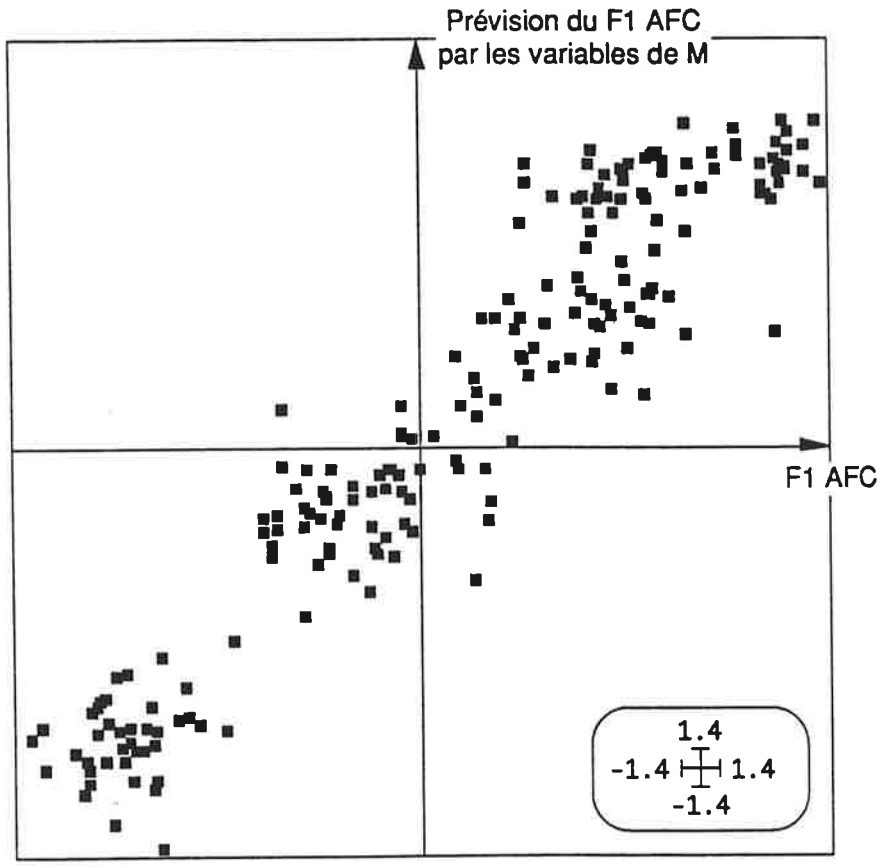


Figure 8 : Liaison entre le facteur 1 de l'AFC de D et sa prévision par les variables de M.

On a ici cherché la combinaison linéaire de variable de milieu qui maximise sa corrélation avec le F1 du tableau d'avifaune. C'est donc normalement que cette corrélation (0.9505) est supérieure à celle qui existe entre le F1 du tableau d'avifaune et le F1 du tableau M (0.8608), obtenue comme précédemment par **DiaInnPro** et représentée dans la figure 9.

Ces exercices montrent de multiple manières de relier les deux tableaux : on trouvera une liste étendue de telles techniques dans Mercier 1991*. La régression multiple du F1 de l'AFC sur les variables du milieu est la méthode utilisée dans Prodon & Lebreton 1981*. Les méthodes les plus récentes, en optimisant un critère reliant les deux tableaux, l'emportent en principe sur ces dernières, car rien ne garantit que le F1 de l'AFC est le code le plus prévisible par les variables de milieu. Cependant ce F1 est déjà très fortement relié à ces variables, donc vraisemblablement proche de l'optimum.

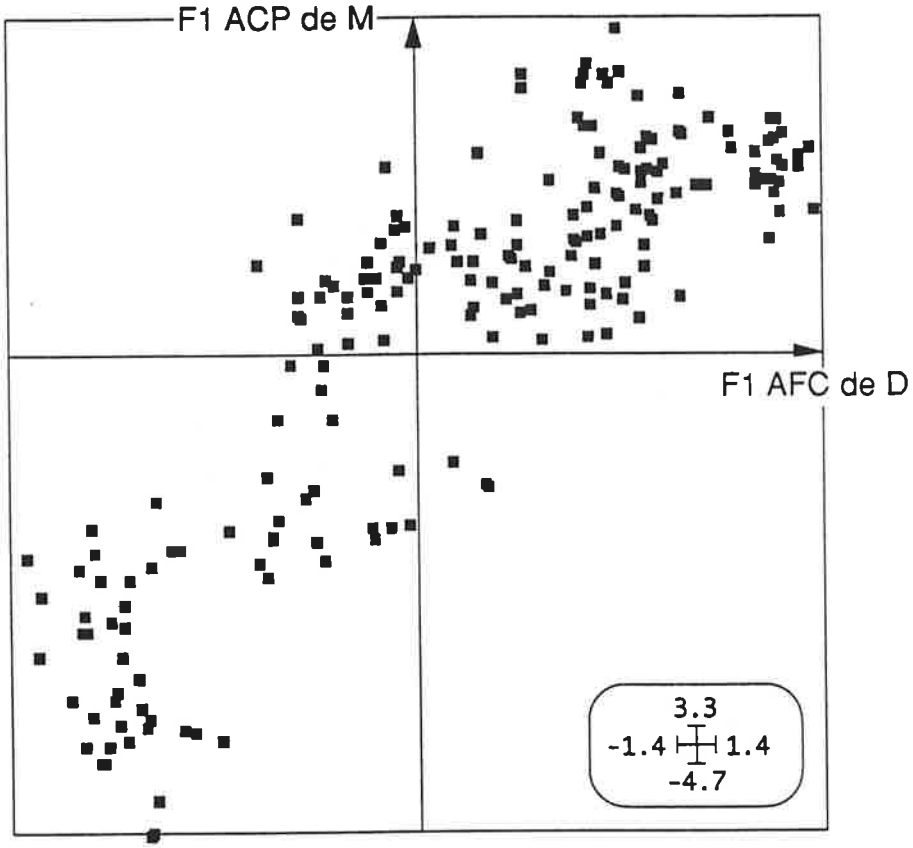
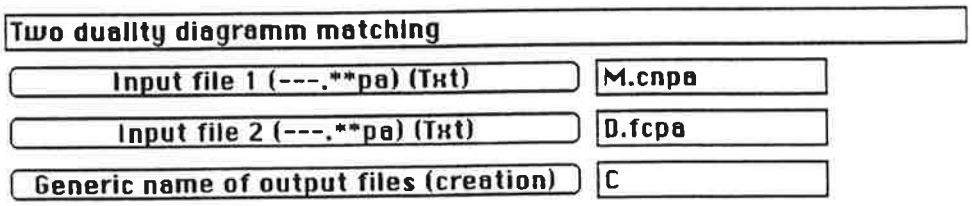


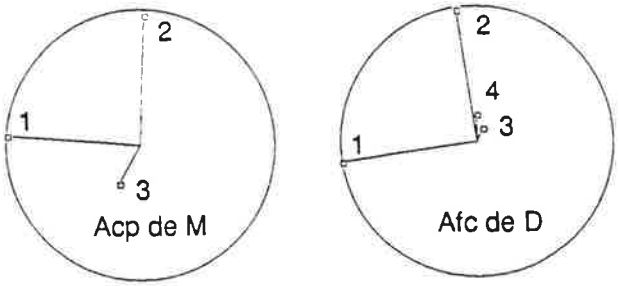
Figure 9 : Relation entre les premières coordonnées factorielles des deux analyses de base.

2. Analyse de co-inertie

L'analyse a été décrite en détails dans plusieurs fiches. On s'en tient ici à l'interprétation du cas étudié. Coupler les deux analyses (AFC de D et ACP de M) rendues compatibles par un même système de pondération avec **MatchPrep** :



puis exécuter **Coiner1** sur C<>ma et **Coiner2** sur C<>vp.



Les fichiers C<>cp1 et C<>cp2 donne par **CorreCircle** l'indication immédiate que les axes 1 et 2 de co-inertie sont très sensiblement pour chaque tableau les axes 1 et 2 d'inertie. Une rotation très légère porte la corrélation à 0.9161.

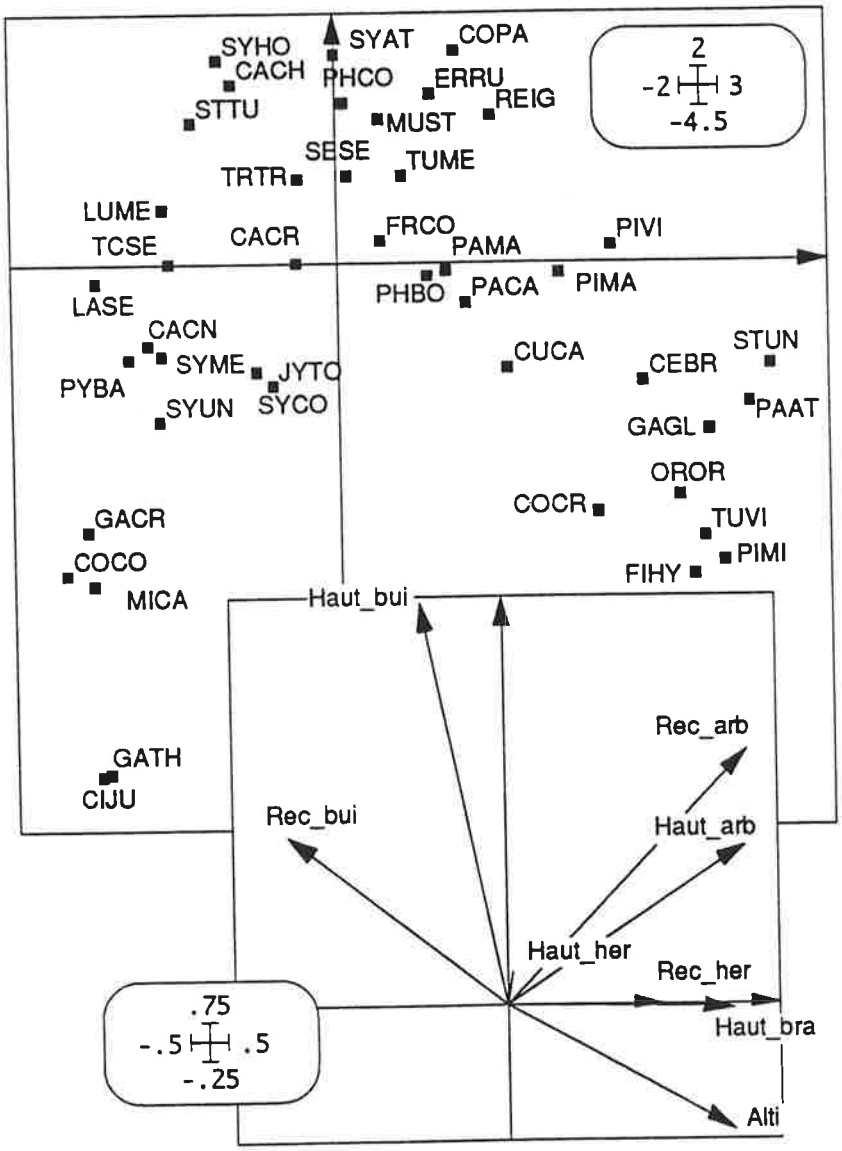


Figure 10 : Poids des espèces et des variables dans la constitution des codes pseudo-canoniques.

On dépouillera donc le plan 1-2 qui met en concordance les plans 1-2 de chaque analyse. On peut utiliser les poids des variables dans la constitution des codes pseudo-canoniques associés au milieu (fichier C<>w1) et aux espèces (fichier C<>w2), représentés dans la figure 10.

/Num/	Covaria./	Varian1 /	varian2 /	Correla./	INER1	/INER2 /
/	1/	.1334E+01/	.4104E+01/	.5169E+00/	.9161E+00/	.4196E+01/ .5293E+00/
/	2/	.4034E+00/	.1153E+01/	.2173E+00/	.8060E+00/	.1172E+01/ .2192E+00/

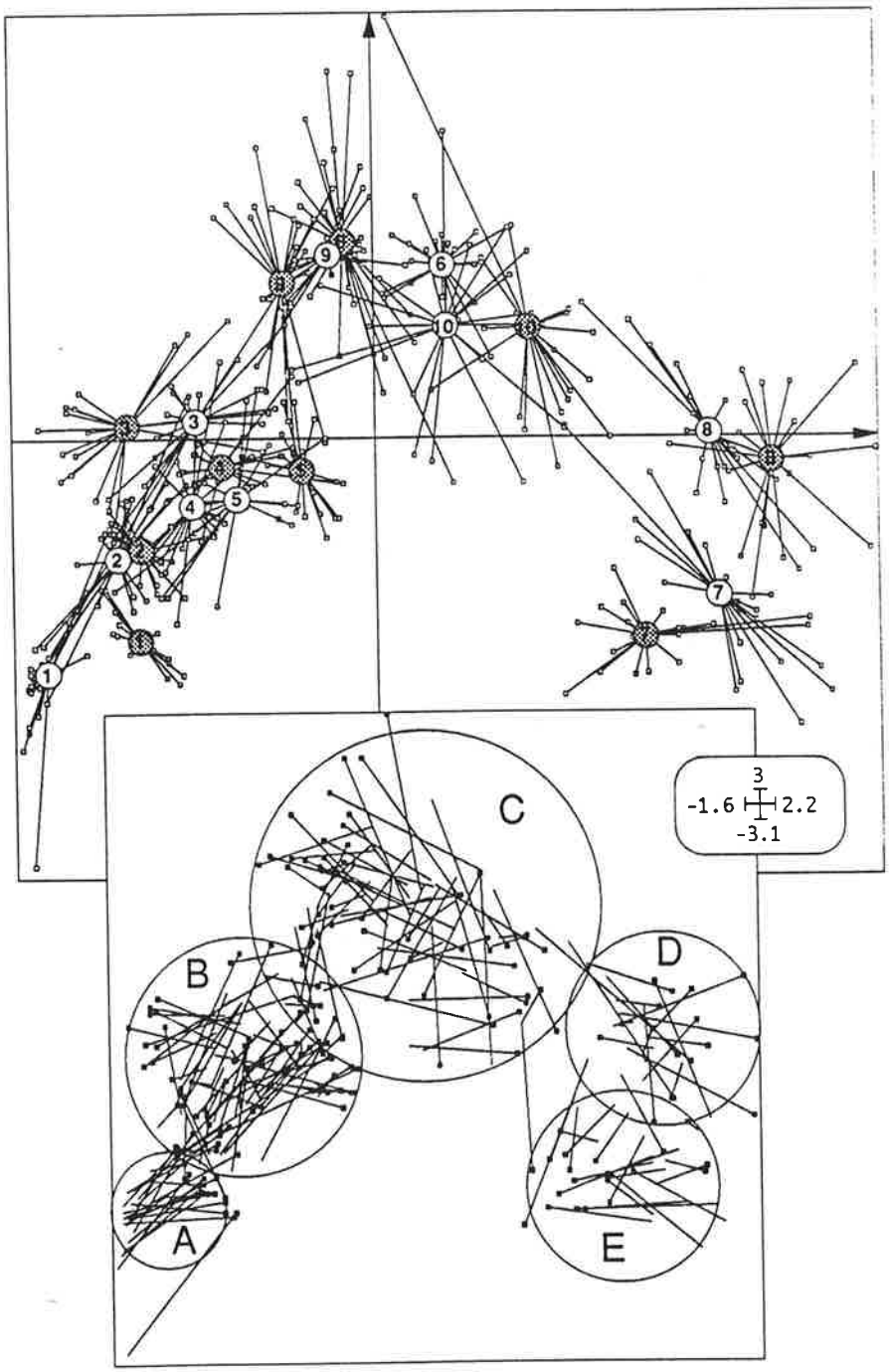


Figure 11 : Comparaison des plans 1-2 de co-inertie. Chaque relevé est positionné deux fois, par la distribution des oiseaux et par les variables de milieu. En haut chaque point est rattaché à la moyenne de la strate à laquelle il appartient (cercle gris : milieu, cercle blanc : avifaune). En bas chaque point est relié à sa représentation par l'autre tableau (carré noir : milieu, extrémité du trait : avifaune). Code des strates : 1— Maquis bas, 2— Maquis moyen, 3— Maquis haut, 4— Maquis à strate arborée claire, 5— Maquis à strate arborée dense, 6— Subéraie à sous-bois, 7— Subéraie sans sous-bois, 8— Zénaie, 9— Pinéraie à pin maritime, 10— Eucalyptaie

On obtient la figure 11 par **BiStarGraph** et **MatchGraph** sur les fichiers C<>bl1, C<>bl2 et Stra. On obtient une idée très précise du mode de concordance entre les deux séries de variables.

La co-structre se résume alors dans une partition en 5 groupes formés respectivement par les strates b, c-d-e-f, g-j-k, h et i.

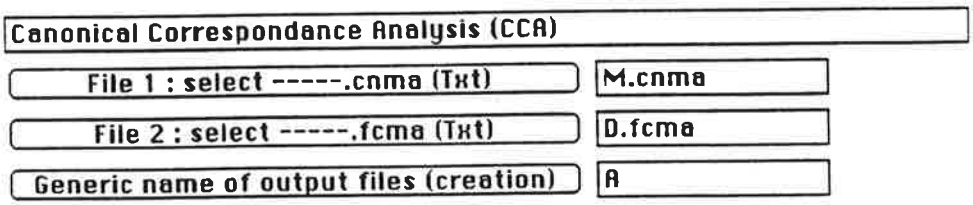
3. Analyse canonique des correspondances

3.1 Exécution

Préparer l'analyse par le module **CanocoPrep**. Le message :

```
/-------------------------------------------------------------/
/Be careful  : A-table 2 was processed with fc/COA & DiagoR>C  /
/             B-table 1 was processed with cp/cn/PCA           /
/             using row weight of the table processed with COA /
/             C-table 1 was processed with DiagoR>C            /
/             Exit if these conditions are not met             /
/-------------------------------------------------------------/
```

précède le choix des paramètres :



Lancer alors **CanocoDiago** sur le fichier A.ccama en conservant 3 facteurs. On obtient :

```
Selected file:              A.ccama

---------------- Eingenvalues ------------------
/  1:.4813E+00/.5588/0.5588/  2:.1515E+00/.1759/0.7348
/  3:.1215E+00/.1411/0.8759/  4:.3946E-01/.0458/0.9217
/  5:.2787E-01/.0324/0.9540/  6:.2239E-01/.0260/0.9800
/  7:.1259E-01/.0146/0.9947/  8:.4600E-02/.0053/1.0000

Number of canonical axes to be stored      3
File A.ccama contains informations from CanocoPrep
and number of stored axes:  3

File A.ccavp contains eigenvalues and canonical correlation
It is a  8  row and two column file

File A.ccawl contains canonical weights
= coefficients of canonical scores from table 1
It is a  8  row and  3  column file

File A.ccall contains the row canonical scores from table 1
It is a  200  row and  3  column file. Column variance =1.

File A.ccac2 contains the column scores of table 2
It is a  43  row and  3  column file. Column variance=eigenvalue

File A.ccal2 row scores from tab2
It is a  200  row and  3   column file
```

```
/N° axe      /Eigenvalue   /Inertia     /Corr Mult R2/   Eigen.COA /
/  1         / 0.48126     / 0.52706    / 0.91311     /     0.52929 /
/  2         / 0.15151     / 0.21307    / 0.71110     /     0.21915 /
/  3         / 0.12151     / 0.19481    / 0.62375     /     0.20337 /
/  4         /                                        /     0.13688 /
/  5         /                                        /     0.09896 /
etc
```

Les fichiers créés sont décrits dans les paragraphes suivants.

3.2 Analyse discriminante et analyse canonique des correspondances

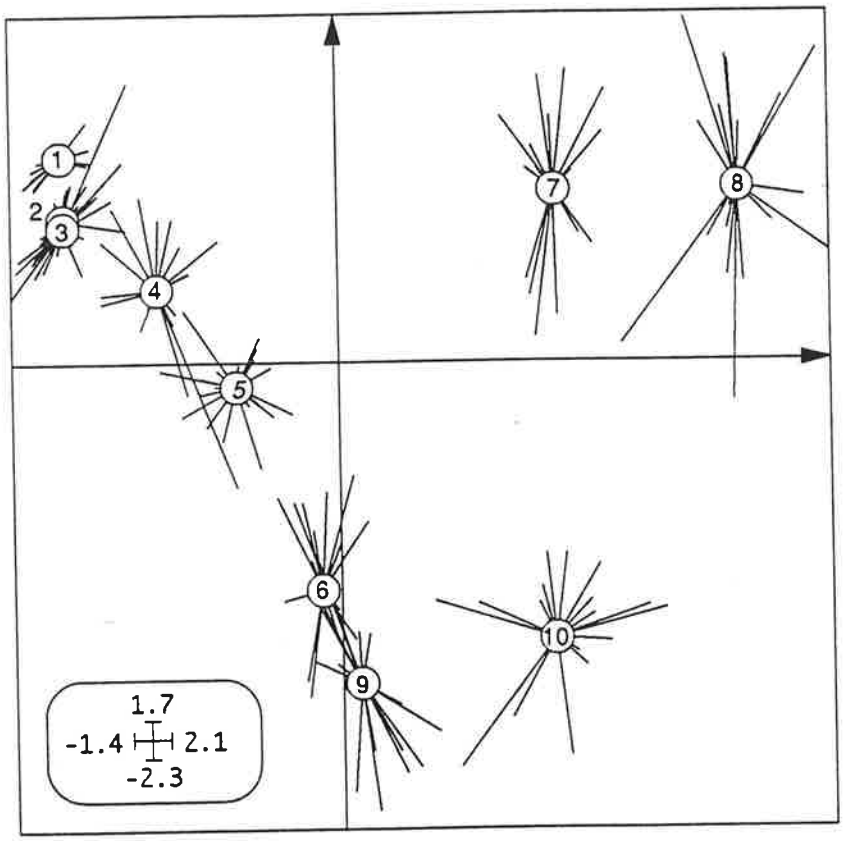
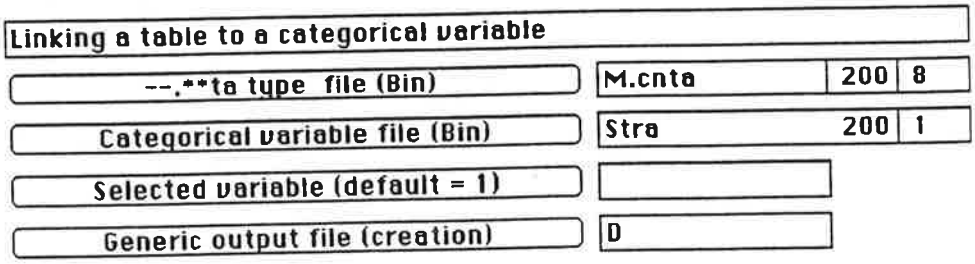
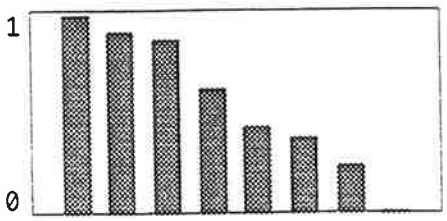


Figure 12 : plan 1-2 de l'analyse discriminante. Les 200 relevés sont positionnés par des codes de variance 1 optimisant la variance inter-groupes.

L'analyse canonique des correspondances est une extension de l'analyse discriminante en ce sens qu'elle fabrique des combinaisons linéaires de variance unité maximisant une certaine quantité. Elle pose alors des problèmes d'interprétation très voisins. Initialiser l'analyse discriminante inter-strates du tableau M avec **LinkPrep** :



et lancer **Discrimin** sur D.adma. Il y a manifestement trois axes discriminants :




```
Main calculation of a discriminant analysis
Input file:    D
---------------- Eingenvalues ------------------
/   1:.9769E+00/.2223/0.2223/   2:.8874E+00/.2019/0.4242
/   3:.8574E+00/.1951/0.6193/   4:.6144E+00/.1398/0.7591
/   5:.4285E+00/.0975/0.8566/   6:.3749E+00/.0853/0.9419
/   7:.2393E+00/.0545/0.9964/   8:.1583E-01/.0036/1.0000

Number of discriminant axes to be stored                    3

File D.d*pa contains the basic parameters
number of rows =   200 , number of variables = 8
number of axes = 3 , Total inertia = 4.39452

File D.d*vp contains the eigenvalues and the relative inertia
It is a  8  row and 2 column file

File D.d*cp contains correlations between PCA scores
and DA scores. It is a  8  row and  3  column file

File D.d*ax contains the principal axes
It is a  8  row and  3  column file

File D.d*fa contains coefficients of discriminant scores
It is a  8  row and  3  column file

File D.d*li contains the rows scores
It is a  200  row and  3  column file

File D.d*cl contains the scores of classes
It is a  10  row and  3  column file
```

L'analyse discriminante donne des combinaisons linéaires de variables de variance unité. Ces combinaisons sont destinées à optimiser la variance inter-classe sous la contrainte que la variance totale soit égale à 1. Ce que signifie ces combinaisons s'exprime par les cartes factorielles (**ScatterCateg** sur D.d*li et Stra : figure 12). Le facteur 3 sépare les strates 7 et 8.

La lecture d'un plan d'analyse discriminante est donc sans difficulté puisqu'il y apparaît explicitement l'objectif (séparer les groupes d'individus par des combinaisons de variables). Moins évidente est la lecture de la participation des variables à la constitution de ces fonctions discriminantes. Cette lecture fait l'objet de nombreux articles dont un des plus significatifs est celui de Rencher (1988*). On peut prendre les coefficients de ces combinaisons (poids canoniques, canonical weights). Dans l'analyse discriminantes ces poids sont dans le fichier D.d*fa. Représenter les poids par **Scatter** sur les colonnes 1 et 2 de D.d*fa (figure 13A). On peut prendre les corrélations entre les variables et ces combinaisons (appelées encore codes canoniques) : ces coefficients de corrélation sont dans D.d*ax. Les représenter par **Scatter** (figure 13C). On peut enfin utiliser les corrélations entre les codes canoniques de l'analyse discriminante et les coordonnées factorielles de l'ACP du tableau (fichier D.d*ax, figure 13B).

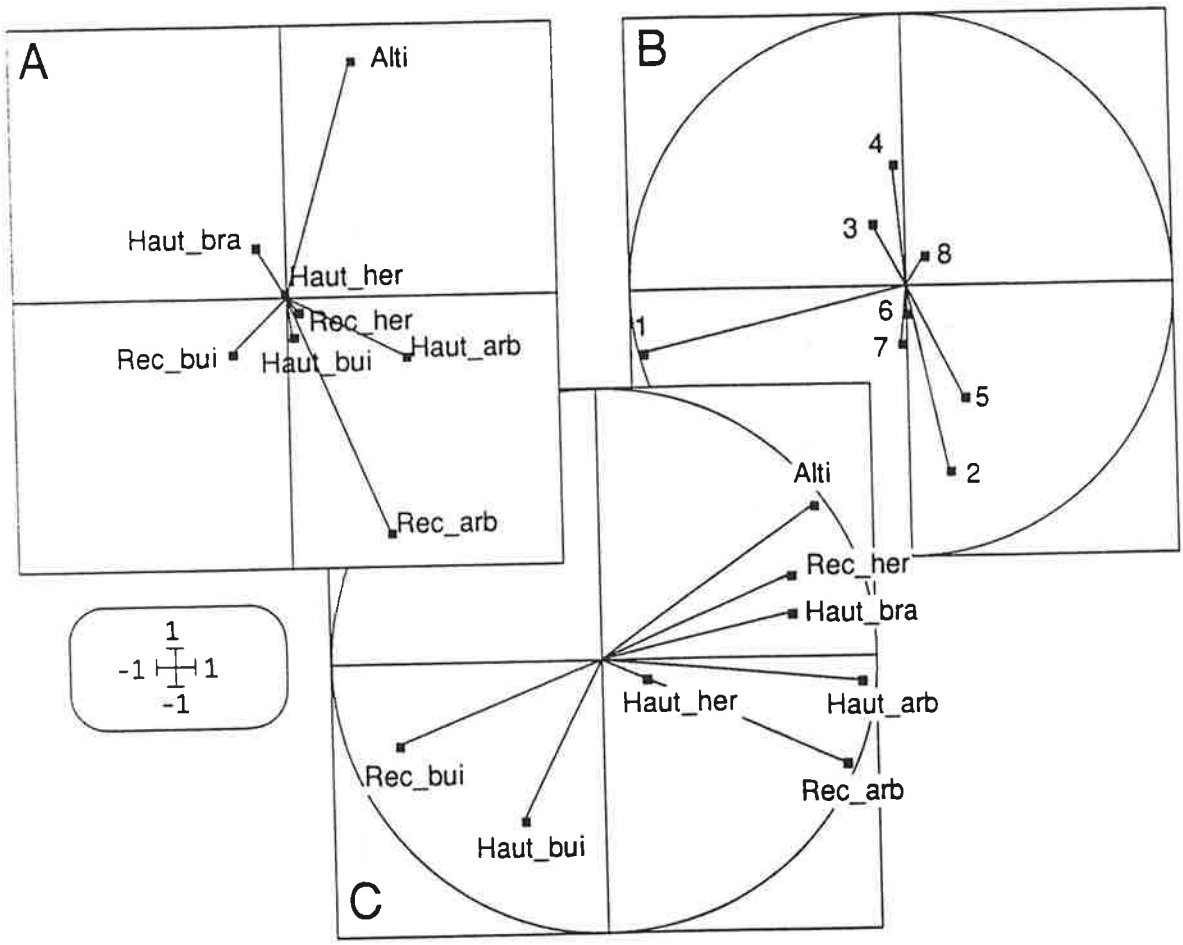
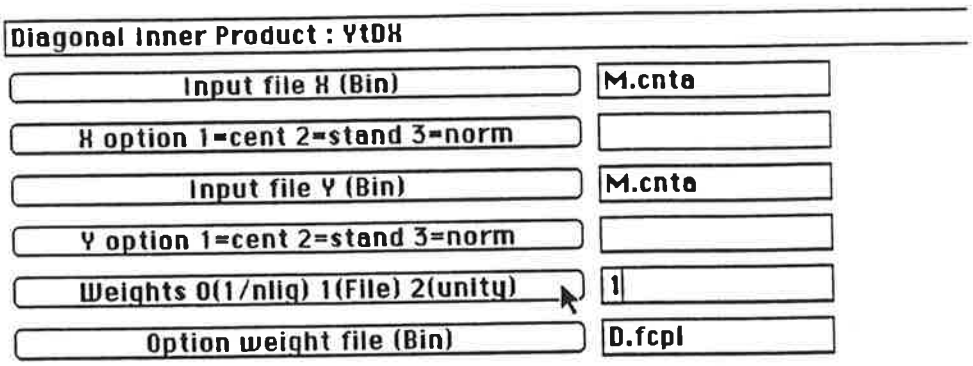


Figure 13 : dépouillement de l'analyse discriminante de D. A — Poids canoniques des variables. B — Corrélations codes canoniques/.Coordonnées ACP. C — Corrélations codes canoniques/variables.

La logique des trois composantes de la figure 13 est disparate. En B on voit que le premier code canonique est très corrélé avec la première coordonnée de l'ACP. Cela est prévisible : dans un plan d'échantillonnage stratifié, on peut s'attendre à ce que l'essentiel de la variabilité entre points soit induite par la répartition de ces points entre les strates d'échantillonnage. par contre les différences observée entre A et C est moins simple. Il n'y a pas de coefficients élévés dans la constitution de l'axe 1, alors que les poids de l'altitude (Alti) et du recouvrement des arbres (Rec_arb) sont grands et de signes opposés. Il faut alors se souvenir que la seule contrainte qui porte sur ces poids est qu'ils doivent "fabriquer" un code de variance unité. On peut faire une variance 1 avec une combinaison de variables et des petits coefficients si ces variables sont très corrélées, ce qui est le cas :

```
Alti /
+0.65/Haut_Arb/
+0.61/   +0.73/Haut_Bra/
+0.50/   +0.79/   +0.60/Rec_arb/
-0.47/   -0.16/   -0.21/  -0.09/Haut_Bui/
-0.63/   -0.63/   -0.56/  -0.55/   +0.62/Rec_Bui/
+0.03/   +0.21/   +0.02/  +0.10/   -0.06/  -0.12/Haut_her/
+0.73/   +0.67/   +0.39/  +0.40/   -0.26/  -0.45/   +0.38/Rec_Her/
```

Cette matrice de corrélation est obtenue avec **DiaInnPro** et les paramètres :



Remarquer, en passant, qu'en substituant D.d*li à M.cnta, tout en gardant le fichier des poids, on vérifie que les variances des codes canoniques sont unitaires et que les covariances sont nulles.

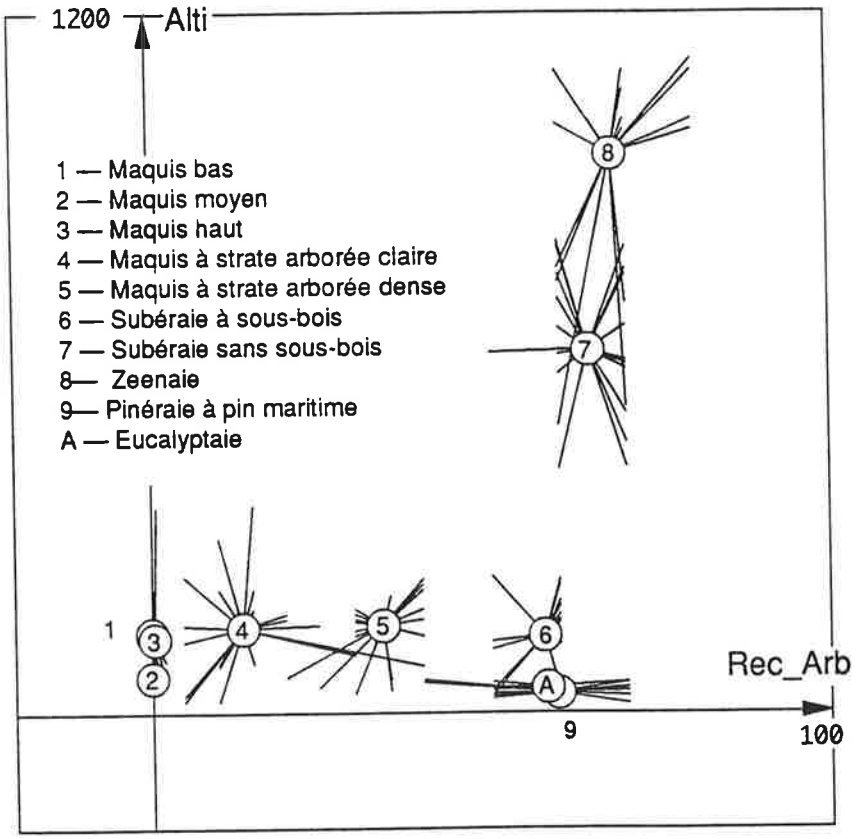


Figure 14 : Représentation des données brutes du tableau M pour les variables altitude et recouvrement de la strate arborée.

Les variables Alti, Haut_arb et Rec_arb ont des poids positifs (figure 13A) pour l'axe 1, sont fortement corrélées entre elles et fortement corrélées au code canonique 1 (figure 13C). Il n'y a donc pas de contradictions. La variable Rec_bui est corrélée négativement aux précédentes, corrélée négativement avec le code 1 et porte un poids négatif : aucune difficulté n'intervient. L'axe 1 est le caractère arboré de la formation et plusieurs types de forêts sont en altitude. toutes ces corrélations conduisent à faire de l'axe 1 de l'ACP l'axe 1 de l'analyse discriminante. Noter alors que le poids négatif de la variable Haut-Bra est associé à une corrélation positive avec le code et une corrélation positive avec les variables Alti, Haut_arb et Rec_arb. Il y a contradiction entre le poids de cette variable (négatif) et le résultat de sa participation (corrélation positive). On n'en tiendra donc aucun compte, comme on ignorera la variable Rec—Her qui n'est liée à aucune autre, a des poids nuls et des corrélations négligeables. Pour le code canonique 2, au contraire les poids sont forts pour Alti (positif) et

Rec_arb (négatif). On utilise donc des poids de signes contraires pour deux variables corrélées entre elles et les corrélations obtenues avec le code 2, si elles ne sont pas fortes et ne peuvent l'être, sont cependant du signe des poids. Le code canonique concerne donc la partition induite par l'altitude dans ce qu'elle est partiellement indépendante de l'architecture de la végétation : il opposerait donc les forêts de montagne et celles de plaines. On le vérifie sans peine sur la figure 14 en utilisant **ScatterCateg** pour les paramètres :

Categorical map drawing			
--*cat type file (Txt)	Stra*cat		
XY-file (Bin)	M	200	8
Selected X-column (default=1)	4		
Selected Y-column (default=2)	1		
Option : variable labels (Txt)			
Option : Row weighting file (Bin)	D.fcpl	200	1

Le plan de l'analyse discriminante (figure 12) est très voisin d'une rotation à 45° de la figure 14, modifiée par l'influence des autres variables. C'est donc bien par l'usage simultané des poids et des corrélations qu'il est possible d'interpréter des codes canoniques. En ce sens l'analyse discriminante est toujours plus difficile à interpréter que l'analyse inter-classes, l'analyse canonique est toujours plus difficile à interpréter que l'analyse inter-batterie, l'analyse canonique des correspondances est toujours plus difficile à interpréter que l'analyse de co-inertie.

3.3 Analyse des correspondances (AFC) et analyse canonique des correspondances (ACC)

L'ACC partage donc avec l'analyse discriminante la recherche de combinaisons de variance unité. Elle partage avec l'AFC le but de cette recherche : maximiser la variance entre les positions moyennes des espèces sur ce code. Dans l'AFC ce code est aussi de variance unité pour la pondération des lignes, mais il n'est soumis qu'à cette contrainte. En ACC le code est une combinaison des variables de milieu. Le meilleur code proposé par l'AFC (coordonnée factorielle de variance 1) est donc forcément meilleur que le meilleur code de l'ACC (code canonique) puisque ce dernier subit pour le même objectif une contrainte complémentaire. Ici les codes ACC sont un peu moins bons que les codes AFC. On le voit dans le listing de **CanocoDiago** déjà reproduit :

```
/N° axe      /Eigenvalue   /Inertia     /Corr Mult R2/   Eigen.COA /
/  1         / 0.48126     / 0.52706    / 0.91311    /     0.52929 /
/  2         / 0.15151     / 0.21307    / 0.71110    /     0.21915 /
/  3         / 0.12151     / 0.19481    / 0.62375    /     0.20337 /
```

Pour une variance de 1, l'AFC propose une variance entre moyennes par espèce de 0.5293 (maximum, *Eigen.COA* ci-dessus). Pour une variance de 1 et une combinaison de variables de milieu l'ACC propose une variance entre moyennes par espèce de 0.4826 (*Eigenvalue* ci-dessus). Pour l'axe 2, 0.2192 est supérieur à 0.1515, et pour l'axe 3, 0.2034 est supérieur à 0.1215.

On a donc en ACC une carte des relevés (ici les relevés formant 10 classes, utiliser **ScatterCateg** sur A.ccal1, figure 15 en haut) et une carte des espèces placées à la moyenne de leur distribution sur la carte des relevés (utiliser **Scatter** sur A.ccal1 et **Scatter** sur A.ccac2, garder les mêmes échelles et superposer , figure 15 en bas). Si la structure générale des nuages est conservée, on note des différences sensibles dans la forme des sous-nuages par classe de milieu. L'AFC (figure 4) peut encore ordonner les relevés dans les strates, tandis que que l'ACC ne trouve plus cette possibilité dans le tableau de variables de milieu (il faudrait sans

doute posséder des variables qui n'ont un sens que par type de milieu, ce qui est hors des possibilités de ces méthodes). Ces différences, on devrait dire ces nuances, sont visibles sur la figure 11 de l'analyse de co-inertie. AFC, analyse de co-inertie et ACC montrent une même architecture globale de la relation avifaune-milieu et diverses nuances liées à leur principe propre.

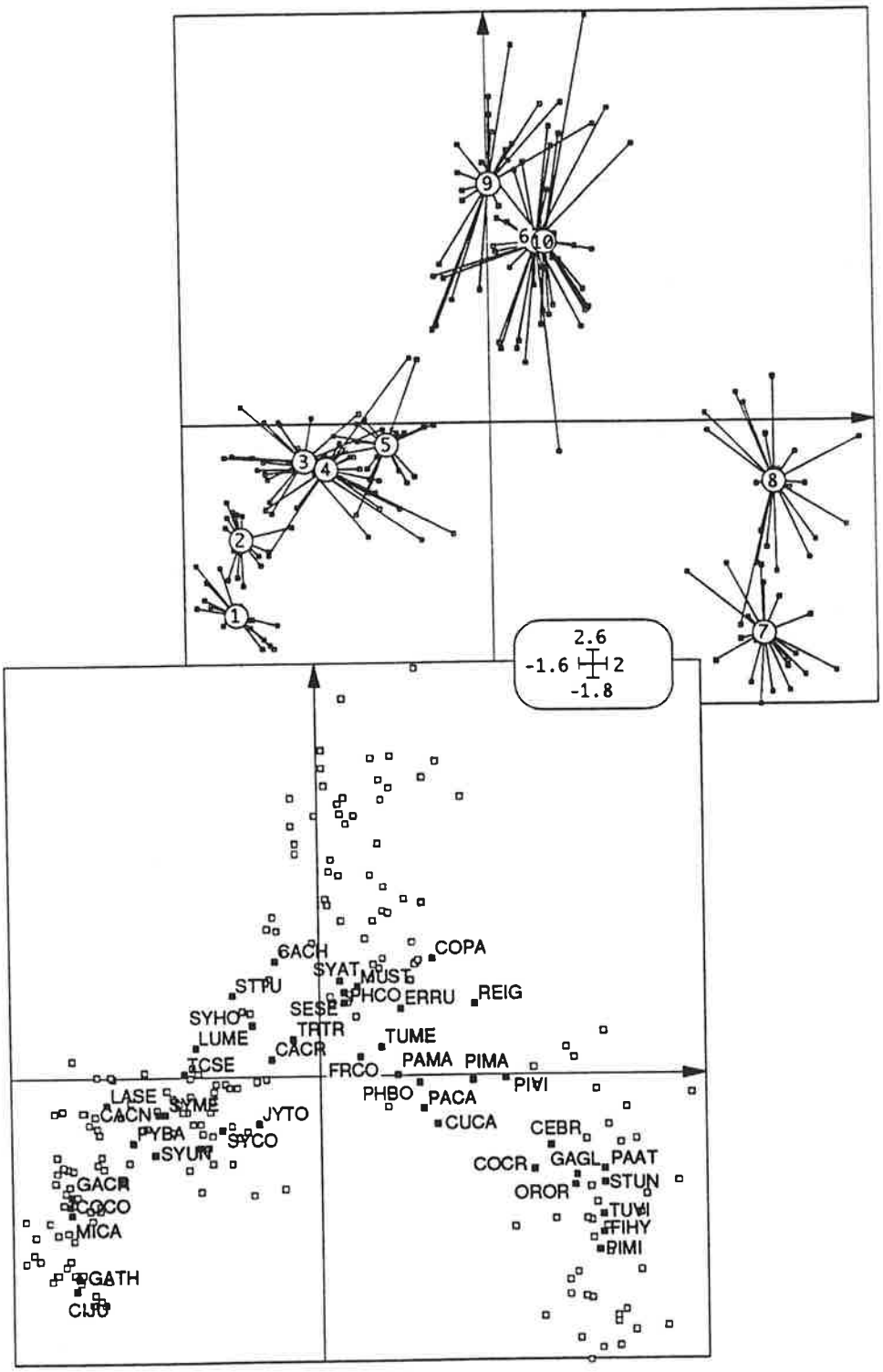


Figure 15 : Plan factoriel 1-2 de l'analyse canonique des correspondances. En haut (par groupe) et en bas (carrés blancs), position des 200 relevés. En bas (carrés noirs), position des 43 espèces par averaging.

Pour interpréter le plan du point de vue des variables on est ramené au problème précédent. Les poids canoniques sont dans le fichier A.ccaw1. Les corrélations codes/variables ne sont pas conservées par le programme. Utiliser **DiaInnPro** sur A.ccal1 et respectivement D.fcli (coordonnées AFC), M.cnli (coordonnées ACP), M.cnta (variables), A<>bl1 et A<>bl2 (coordonnées de co-inertie), D.d*li (analyse discriminante). Les poids et corrélations sont représentées dans la figure 16.

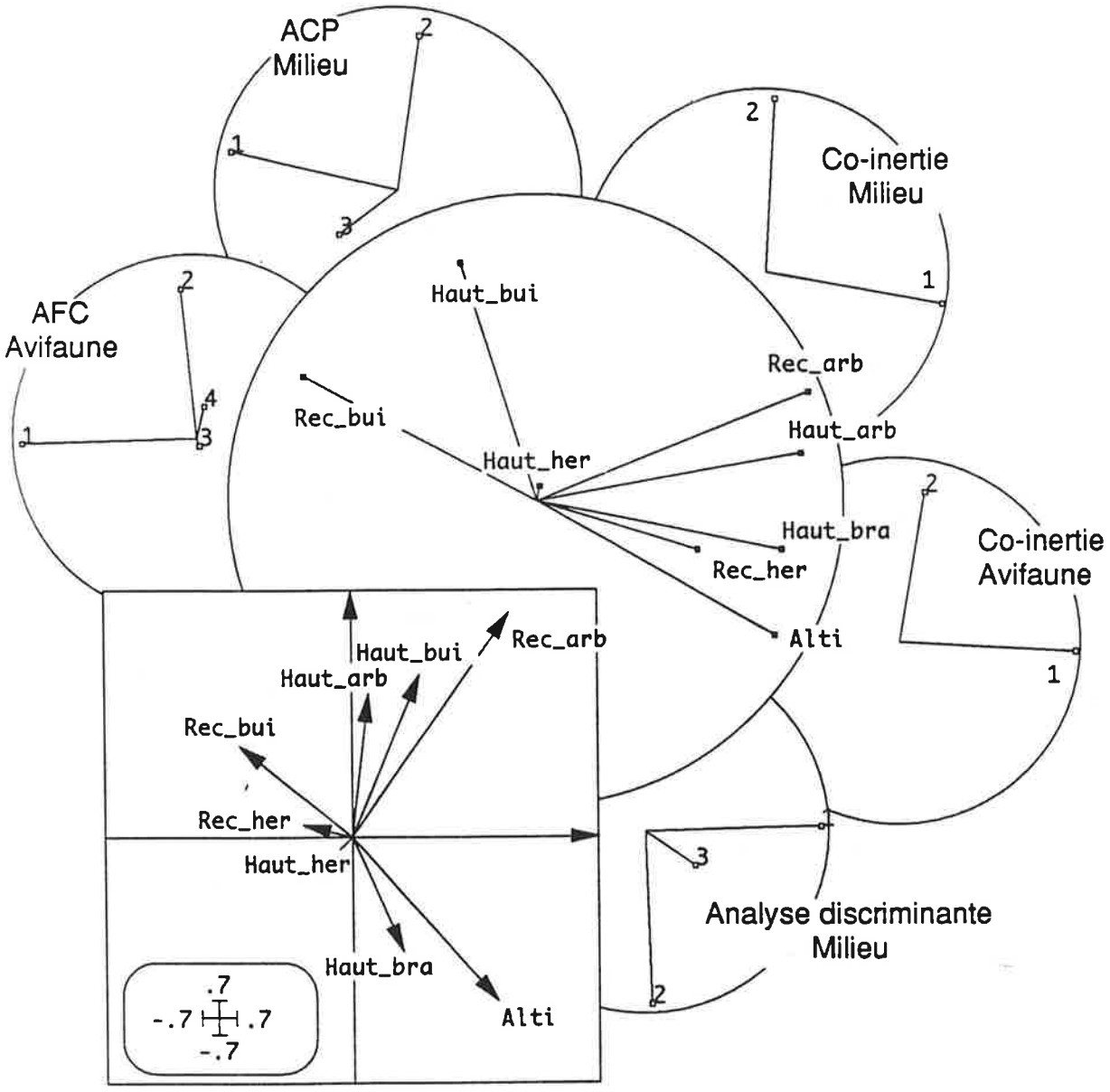


Figure 16 : Poids canoniques (fenêtre carrée) et coefficients de corrélations (cercles) associés aux codes canoniques de l'ACC.

On remarquera la ressemblance (au signe près, ce qui est sans signification) des structures de corrélation codes/variables entre ACC et AD (analyse discriminante, figure 13). On remarquera aussi que les poids canoniques présentent des nuances sensibles : le cas illustre la possibilité de construire des codes canoniques très voisins avec des poids non identiques. Cette instabilité numérique est caractéristique des méthodes de régression et discrimination. La figure 15 est de toute manière explicite. Les strates sont rangées dans un ordre précis 1/2/3-4-5/6-7-8-9-10/ le long de la première bissectrice du plan. A gauche les formations ouvertes (recouvrement des arbres nul), au centre les formations buissonnantes et moyennement arborées, à droites les forêts. Le groupe des forêts est redivisées par l'altitude (6-9-10/7-8). On a deux gradients

orthogonaux, respectivement un gradient d'architecture de la végétation (ouvert-fermé) et un gradient d'altitude. L'axe 1 les met bout-à-bout pour optimiser la variance des moyennes conditionnelles, comme toutes les analyses précitées. L'axe 2 souligne la *supercherie* (figure 17). L'avifaune restitue intégralement la stratification des observations (figure 14).

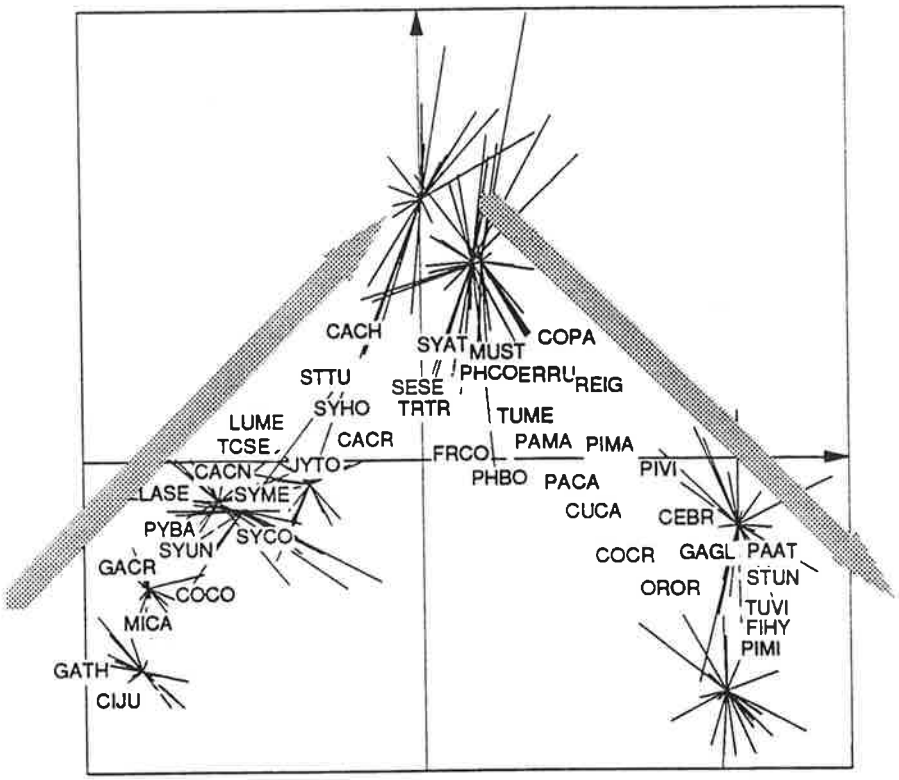


Figure 17 : Articulation de 2 gradients écologiques. A gauche, ordination des espèces et des relevés sur l'axe ouvert-fermé. A droite, ordination des espèces et des relevés sur le gradient d'altitude.

Pour discuter de la position relative des taxons et de leur amplitude d'habitat on pourra se référer à la figure 18, qui est une représentation organisée des données Utiliser **XYColValue.**:

Multiwindow value map			
Coordinates input file (Bin)	A.ccall	200	3
Values input file (Bin)	D	200	43
X-axis column N° (default=1)			
Y-axis column N° (default=2)			
Option : label file (Txt)	Code_Esp_43		

et assembler avec MacDraw™ Pro de Claris Corporation Inc.

La figure 19 est une autre tentative de synthétiser l'information apportée par l'analyse des correspondances de D. Elle est obtenue avec **CoaBetCol** et :

File ---.fcup type (Bin)	D.fcup	43	2

une fenêtre 600-600, un coefficient de 0.25 et imprimée à 70% avec MacDraw™ Pro.

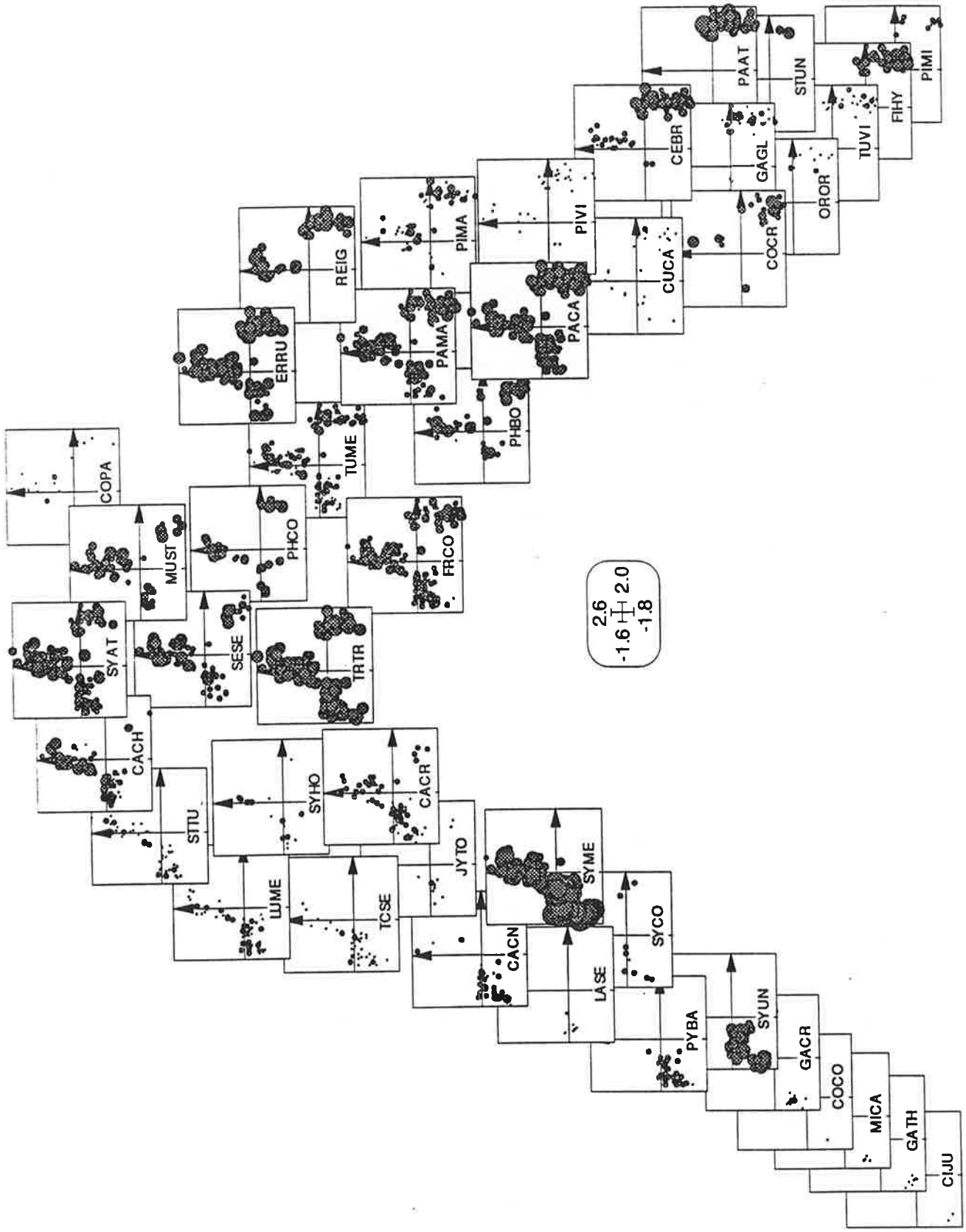


Figure 18 : Cartes de distribution des espèces. Chaque fenêtre représente l'abondance d'un taxon dans les relevés tels qu'ils sont distribués par l'ACC sur le plan 1-2. Les cartes sont positionnées, en gros, comme sur le plan 1-2 des espèces.

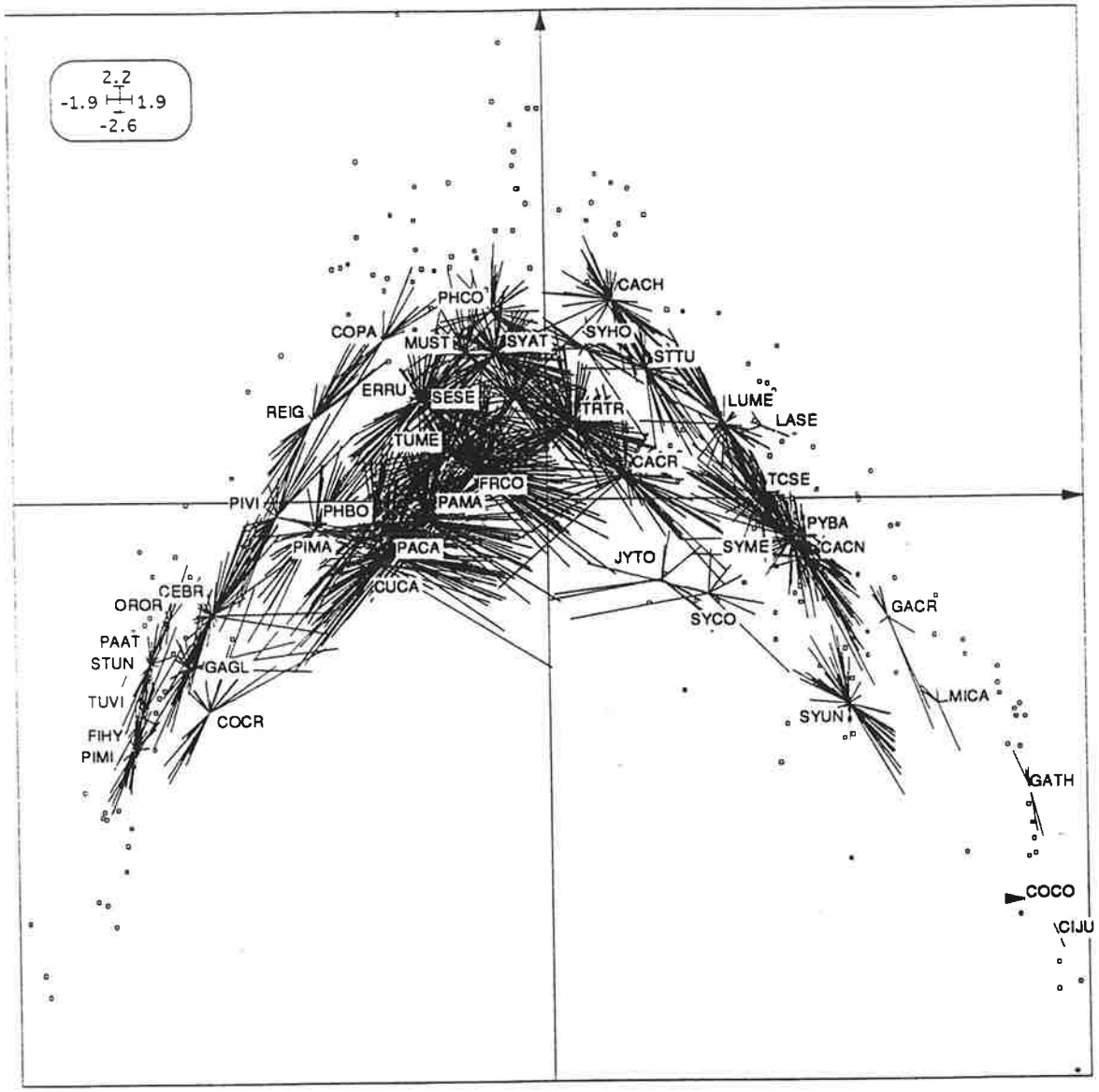


Figure 19 : Amplitude d'habitat des espèces vue par l'AFC de D. Les carrés sont les relevés. Chaque espèce est à la moyenne de sa distribution. Un taxon est représenté par une étoile dont chaque branche relie la position de l'espèce à la position du relevé. Les branches sont représentées à 25% de leur longueur. Noter que le gradient d'altitude est a gauche et que le gradient d'ouverture est à droite. On enregistre l'ordination des espèces absentes en altitude (axe CIJU -> CACH), l'ordination des espèces absentes en milieu ouvert (axe COPA -> PIMI) et le noyau central des espèces à large amplitude qui articule les deux gradients.

3.4 l'ACC comme AFC et régression multiple

Nous venons de voir que AFC et ACC partagent le même point de vue de dispersion des moyennes des espèces sur des gradients. L'AFC applique deux fois ce principe puisque, à partir des codes des taxons, on peut placer les relevés par leur moyenne pour optimiser une nouvelle variance conditionnelle. Ce n'est plus vrai en ACC mais la même opération d'averaging espèces -> relevés garde son sens.

Nous avons utiliser les fichiers A.ccal1 (combinaisons de variables de variance unité), A.ccaw1 (coefficients de ces combinaisons dits poids canoniques) et A.ccac2 (scores des espèces par leurs moyennes sur les codes canoniques). Ces scores des espèces sont centrés pour la pondération marginale de l'AFC (D.fcpc). Calculons leurs variances :

Diagonal Inner Product : YtDX			
Input file X (Bin)	A.ccac2	43	3
X option 1=cent 2=stand 3=norm			
Input file Y (Bin)	A.ccac2	43	3
Y option 1=cent 2=stand 3=norm			
Weights 0(1/nlig) 1(File) 2(unity)	1		
Option weight file (Bin)	D.fcpc	43	1
Output file (none=screen)			

ce qui affiche :

```
Lig   1/ +.4813E+00 -.1029E-06 -.4894E-05
Lig   2/ -.1064E-06 +.1515E+00 -.3935E-07
Lig   3/ -.4889E-05 -.3376E-07 +.1215E+00
```

On vérifie donc que les coordonnées des espèces ont pour variances les valeurs propres (cf. p.16) et des covariances nulles. On peut normaliser (pour la même pondération) ces scores des espèces et obtenir ainsi des codes numériques des espèces de moyenne nulle et variance unité. Utiliser pour ce faire **T-CentNorm** avec :

Centering-Normalizing by column			
Input file (Bin)	A.ccac2	43	3
Output file (Creation)	Auxi		
1=Centering 2=Normalizing	2		
Optional weight file (Bin)	D.fcpc	43	1

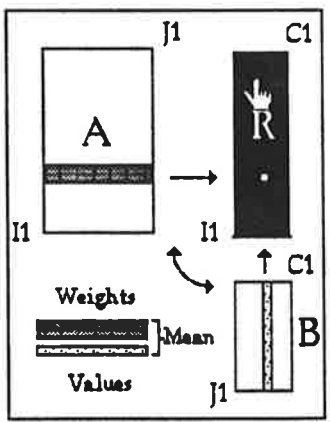
et vérifier sur le listing que les moyennes sont bien nulles :

```
Var:   1   Mea:+.4051E-07    Var:+.4813E+00
Var:   2   Mea:+.1139E-06    Var:+.1515E+00
Var:   3   Mea:-.5309E-07    Var:+.1215E+00
```

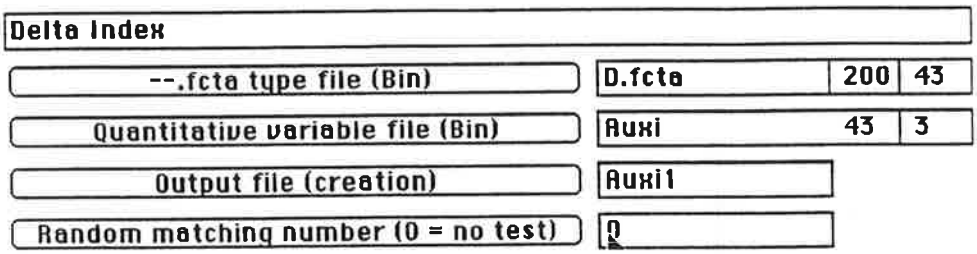
Le fichier Auxi contient alors des scores des espèces sur lesquels on peut calculer la position moyenne de chaque relevé (averaging espèces -> relevés). Ces scores des relevés seront de moyenne nulle. Leur variance indiquera quelle est la valeur typologique de ces scores. La première variance ne peut dépasser la première valeur propre de l'AFC, qui est la variance maximum qu'on peut produire avec cette opération et une variance de départ unitaire. Consulter la carte de documentation de **TestRDelta** :

Between Row Delta dispersion index of Ter BRAAK (1987, equation 3, p. 71)

A est un tableau de nombres positifs (après **fc/COA** ou **fc/ModifCA**)
B est un tableau de variables quantitatives
R est le tableau des moyennes par lignes de A et par colonne de B
Exemple : les lignes de A sont des espèces, les colonnes de B des variables (les colonnes de A et les lignes de B sont des stations).
Le programme donne l'indice de dispersion par variables (variance des positions moyennes sur variance initiale)
Cet indice est maximisé en analyse canonique des correspondances.
Test de permutation sur chacune des variables de B. Cf. théorie des *gradient analysis*



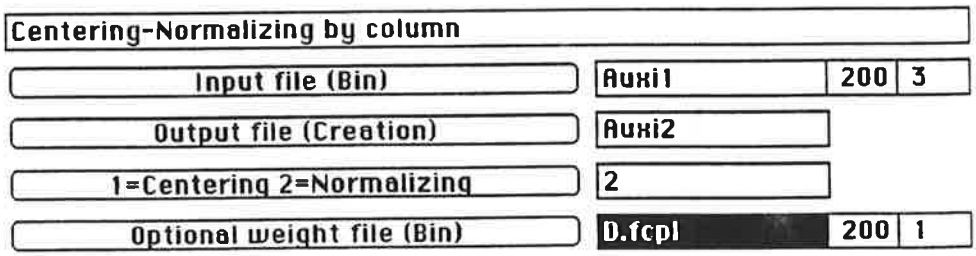
et lancer le programme avec les paramètres :



Le tableau central est D (200 relevés-43 espèces). Les codes des espèces sont dans Auxi (43-3). Le fichier créé (Auxi1) contient les moyennes par relevé de ces codes espèces et indique que le rapport variance des moyennes / variance initiale vaut respectivement 0.5271, 0.2131, 0.1948. La première valeur est très proche de l'optimum de l'AFC (0.5293). Remarquons alors la modification introduite par rapport à l'AFC.

En AFC, on part d'un code des relevés (coordonnée de variance 1). Par averaging on obtient un code des espèces de variance maximale (0.5293). On peut normaliser le résultat et prendre la coordonnée des espèces de variance 1. Par averaging on obtient un code des relevés de variance maximale (0.5293). La boucle est bouclée si on normalise le résultat et qu'on recommence. On retombe sur les mêmes codes (vecteur propre).

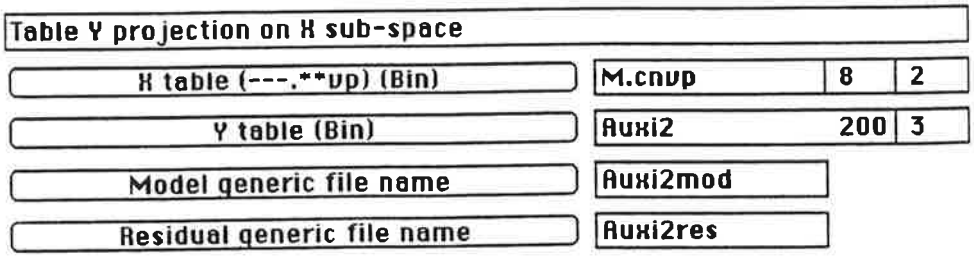
En ACC, on part d'un code des relevés (combinaison de variables de variance 1). Par averaging on obtient un code des espèces de variance maximale sous cette contrainte (0.4813 < 0.5293). On peut normaliser le résultat. Par averaging on obtient un code des relevés de variance 0.5271 (0.5271 < 0.5293). On n'obtient pas le même résultat. *La propriété nouvelle est que le code obtenu par averaging n'est pas de variance maximale mais de variance expliquée maximale, variance expliquée par la régression multiple sur les variables de milieu. Pour faire de la variance expliquée, il faut d'abord faire de la variance (0.5271) puis la conserver dans la régression, c'est-à-dire optimiser simultanément le carré de corrélation multiple.* On peut alors, pour simplifier le discussion en ne s'occupant que du R^2, normaliser les codes colonnes de Auxi1 par **T-CentNorm** :



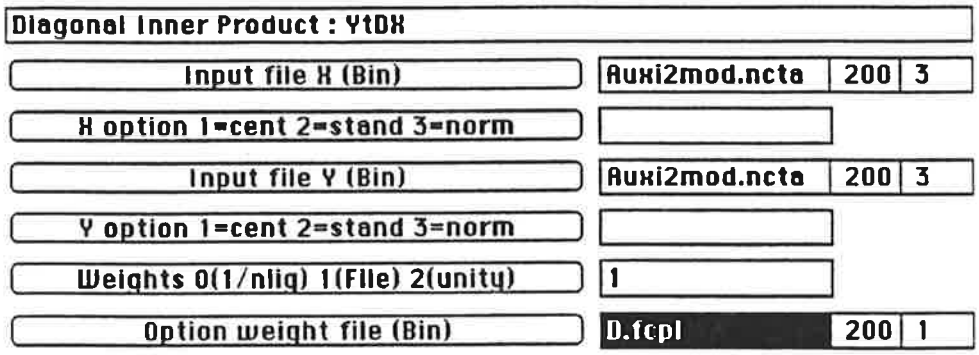
qui affiche, pour vérification :

```
Var:  1   Mea:-.5282E-07    Var:+.5271E+00
Var:  2   Mea:-.5914E-07    Var:+.2131E+00
Var:  3   Mea:+.4855E-07    Var:+.1948E+00
```

Auxi2 contient des codes de variance unité obtenu par averaging sur des codes des espèces et normalisation. Faisons alors la régression des codes colonnes de Auxi2 sur les variables normalisée de M.cnta. Utiliser **nc/ProjTPCA** avec :



et calculer les variances des variables projetées (Auxi2Mod) avec **DiaInnPro** :



qui affiche :

```
Lig   1/ +.9131E+00 -.1369E-05 -.3935E-04
Lig   2/ -.1372E-05 +.7111E+00 -.1498E-05
Lig   3/ -.3933E-04 -.1498E-05 +.6238E+00
```

Donc les carrés de corrélation multiple (R^2) des codes de Auxi2, dans la régression sur les variables de milieu, sont respectivement de 0.9131 (excellent), 0.7111 et 0.6238. Ces manipulations sont proposées à titre d'exercices. Les résultats apparaissent directement dans le listing déjà cité :

```
/N° axe      /Eigenvalue   /Inertia      /Corr Mult R2/   Eigen.COA /
/  1         / 0.48126     / 0.52706     / 0.91311    /     0.52929 /
/  2         / 0.15151     / 0.21307     / 0.71110    /     0.21915 /
/  3         / 0.12151     / 0.19481     / 0.62375    /     0.20337 /
```

En partant d'une combinaison de variable de variance 1, le facteur 1 de l'ACC donne une variance des moyennes par espèces de 0.48126. Cette valeur est forcément inférieure à 0.52929 maximum possible atteint par l'AFC. En partant d'un code des espèces de variance 1, le facteur 1 de l'AFC donne une variance des moyennes par relevé de 0.52929, maximum possible. Le facteur 1 de l'ACC donne une variance expliquée maximale des moyennes par relevés de 0.48126 (valeur propre) qui se décompose en variance simple (0.52706) et pourcentage d'explication (0.91311). La relation qui décompose la valeur propre de l'ACC est donc très simple :

Variance expliquée (0.41126) = Variance (0.52706) x Pourcentage d'explication (0.91311)

L'essentiel des remarques qui précèdent tiennent dans le schéma de la procédure utilisée par Ter Braak dans le logiciel CANOCCO (1987*) :

L'algorithme (figure 20) se compose de :

0) Coder numériquement les échantillons (relevés) avec un code arbitraire non constant centré et réduit.

1) Calculer la moyenne conditionnelle par espèce.

2) Calculer la moyenne conditionnelle par relevé de ce code espèce

3) Faire la régression multiple pondérée (poids marginaux du tableau relevés-espèces) de cette nouvelle variable sur les p variables environnementales. Calculer les valeurs prédites par cette régression.

4) Centrer et réduire les valeurs obtenues.

5) Réutiliser ce code en 1) et arrêter la boucle lorsque deux itérations successives donnent un résultat assez voisin.

Le facteur 1 de l'ACC est donc le code qui redonne lui-même dans un tour complet (vecteur propre).

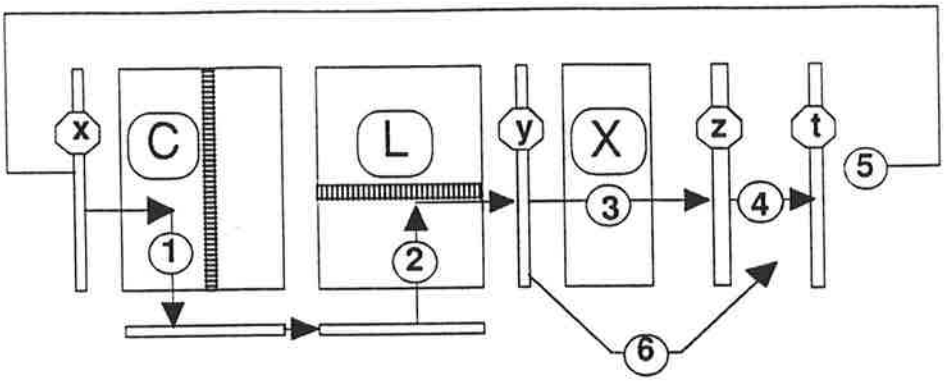


Figure 20 : X est un tableau n-p de variables mésologiques, C et L les tableaux n-t de distributions lignes et colonnes associées à un tableau floro-faunistique T. Si x est un vecteur normé (pondération marginale de T), par 1 et 2 (moyennage par colonne puis par ligne) on obtient un vecteur y, dont on fait en 3 la régression multiple sur X. La prévision est normalisée (4), on obtient le vecteur t qui sert d'entrée au pas suivant (5). Si on normalise directement y pour obtenir t (6) on obtient le premier axe de l'AFC.

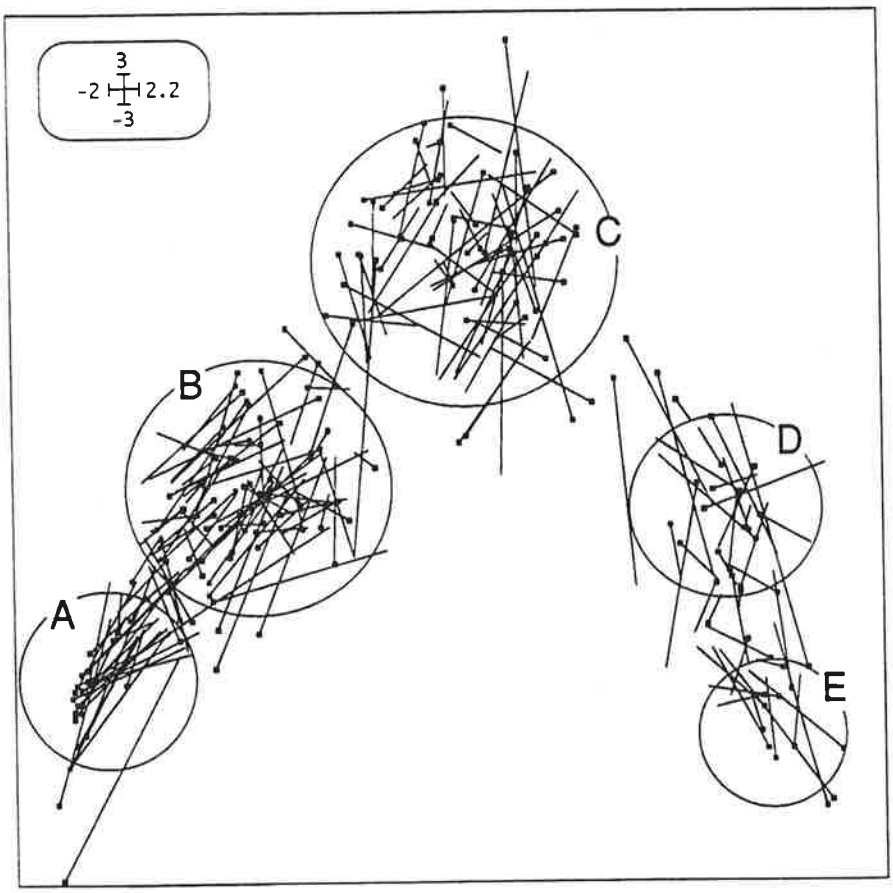


Figure 21 : Double représentation des relevés en ACC. Le point donne la position du relevé par les espèces. L'extrémité du trait indique la prévision de la position précédente faite par régression multiple sur les variables de milieu. La structure perçue est très voisine de la description faite par l'analyse de co-inertie (figure 11).

On peut donc représenter les relevés en ACC par x (combinaison des variables de variance 1), y (moyennes par relevés d'un code des espèces) ou z (prédiction par régression du précédent). Pour exprimer la régression multiple en jeu dans l'analyse le module **CanocoDiago** conserve deux systèmes de coordonnées pour les relevés. Le premier, déjà utilisé, est dans A.ccal1. Il contient les combinaisons linéaires de variables de variance 1 (codes canoniques). Le second est, à une constante près, formé des vecteurs du type y de la figure 20. Il est conservé dans le fichier A.ccal2. Chaque colonne de ce tableau est proportionnelle à la

moyenne par relevés des codes normalisés des espèces. La variance de ces colonnes est ramenée à $1/R^2$ du facteur correspondant, de manière à obtenir, comme meilleur prédicteur linéaire, un code de variance 1 (variance $1/R^2$ x pourcentage d'explication R^2 = variance projetée 1). *Les modèles des colonnes du fichier A.ccal2 sont alors exactement les colonnes du fichier A.ccal1*. On vérifiera, par **ScatterBiFile**, que les colonnes de A.ccal2 sont proportionnelles aux colonnes de Auxi1 ou Auxi2 et que les colonnes de A.ccal1 sont proportionnelles aux colonnes de AuxiMod.cnta. On peut ainsi superposer les cartes obtenues par les fichiers A.ccal1 et A.ccal2. Utiliser MatchGraph avec :

Vector scatter			
First input file (Bin)	A.ccal2	200	3
Second input file (Bin)	A.ccal1	200	3

pour obtenir la figure 21.

4. Conclusion

4.1. Bilan méthodologique

Les remarques faites ici n'épuisent pas les propriétés de l'ACC. On a privilégié l'aspect averaging (relevés -> espèces et espèces -> relevés) qui a conduit Ter Braak à cette méthode (1985*, 1987*). Les approches de plusieurs points de vue sont disponibles dans Chessel & Coll. 1987* et Lebreton & Coll. 1991*. On retiendra cependant l'essentiel pour l'utilisateur dans le schéma suivant.

Les 3 méthodes donnent des codes numériques des espèces, de variance unité pour les poids de la marge espèces de l'AFC, afin de :

AFC : maximiser la variance *Var* des moyennes par relevé ;

ACC : maximiser la variance expliquée *Var* • R^2 des moyennes par relevé ;

Co-inertie : maximiser la somme des carrés des covariances des moyennes par relevé avec les variables de milieu soit*Var* • *somme des carrés des corrélations avec les variables*.

L'ACC est donc partiellement une AFC, partiellement une régression multiple et l'analyse de co-inertie est partiellement une AFC, partiellement une ACP.

Les 3 méthodes donnent des codes numériques des relevés afin de maximiser la variance des moyennes par espèce, sous les contraintes :

AFC : la variance des codes des relevés vaut 1 pour les poids de la marge relevés de l'AFC ;

ACC : la variance des codes des relevés vaut 1 pour les poids de la marge relevés de l'AFC et c'est une combinaison des variables du milieu ;

Co-inertie : le code est une combinaison des variables du milieu dont la somme des carrés des coefficients égale 1 (on maximise en partie la variance totale pour maximiser la variance des moyennes).

L'ACC est donc une AFC sous contrainte ou une analyse discriminante généralisée et l'analyse de co-inertie est partiellement une AFC, partiellement une ACP. Cette communauté dans les principes de fonctionnement explique, en partie, la ressemblance entre les résultats obtenus. Il existe des configurations dans lesquelles on pourra noter des différences sérieuses, mais ce n'est pas le cas ici.

4.2. Bilan expérimental

La synthèse des analyses s'exprime simplement. Le milieu intervient sur l'avifaune essentiellement à travers la stratification préalable. L'AFC préliminaire isole brutalement la strate a (pelouses). Les gradients reconstruits ensuite sont formés de cinq groupes (b, maquis bas / c-d-e-f, maquis hauts et maquis à strate arborée / g-j-k, forêts de plaine, h-Subéraie d'altitude, i-Zénaie d'altitude). On recode donc cette nouvelle partition et on édite les moyennes par variables et par espèces.

			a	b	cdef	gjk	h	i
11	ALAR	Alouette des champs	0,86	0	0	0	0	0
12	LUAR	Alouette lulu	0,151	0	0	0	0	0
13	ANCA	Pipit rousseline	0,399	0	0	0	0	0
14	MOFL	Bergeronnette printanière	1,44	0	0	0	0	0
21	SATO	Traquet pâtre	1,056	0	0	0	0	0
1	COCO	Caille des blés	0,275	0	0,006	0	0	0
9	GACR	Cochevis huppé	1,501	0,065	0,131	0	0	0
39	MICA	Bruant proyer	3,249	0	0,071	0	0	0
24	CIJU	Cisticole des joncs	0,5	0,1	0	0	0	0
10	GATH	Cochevis de Thekla	0,566	0,326	0	0	0	0
17	LASE	Pie-grièche à tête rousse	0,175	0	0,044	0	0	0
15	PYBA	Bulbul gris	0	0,124	0,639	0	0	0
29	SYUN	Fauvette pitchou	0	4,388	4,092	0	0	0
43	CACN	Linotte mélodieuse	0,75	0,188	0,891	0,146	0	0
28	SYME	Fauvette mélanocéphale	0	20,61	20,16	6,73	0	0
16	TCSE	Téléphone tchagra	0	0,075	0,488	0,133	0	0
22	LUME	Rossignol philomèle	0	0	0,825	0,425	0	0
27	SYCO	Fauvette grisette	0	0	0,25	0	0	0,25
3	STTU	Tourterelle des bois	0	0	0,301	0,367	0	0
26	SYHO	Fauvette orphée	0	0	0,234	0,208	0	0,063
8	JYTO	Torcol	0	0	0,141	0	0,125	0
42	CACR	Chardonneret	1,356	0,131	0,755	0,758	0,525	0
41	CACH	Verdier	0	0	0,984	2,208	0,375	0
18	TRTR	Troglodyte	0	1,185	4,888	4,97	0	7,604
25	SYAT	Fauvette à tête noire	0	0	1,824	4,937	0	4,552
44	SESE	Serin cini	0	0	1,055	3,188	2,906	0
30	PHCO	Pouillot véloce	0	0	0,398	0,956	0	1,488
33	MUST	Gobe-mouches gris	0	0	0,438	2,25	1,75	0
45	FRCO	Pinson des arbres	0	0,158	1,787	3,239	4,701	2,331
20	TUME	Merle noir	0	0	0,825	1,61	1,167	2,858
35	PAMA	Mésange charbonnière	0	0,129	1,799	2,977	5,461	3,727
23	ERRU	Rouge-gorge	0	0	1,525	4,8	0	10,4
31	PHBO	Pouillot de Bonelli	0	0	0,547	1,583	4,25	0,5
36	PACA	Mésange bleue	0	0	2,248	2,476	6,94	8,309
2	COPA	Pigeon ramier	0	0	0	0,128	0,035	0,123
4	CUCA	Coucou gris	0	0,021	0,062	0,069	0,249	0,291
6	PIMA	Pic épeiche	0	0	0,115	0,723	0,855	1,973
32	REIG	Roitelet triple bandeau	0	0	0	2,217	1,901	4,751
5	PIVI	Pic de Levaillant	0	0	0,014	0,075	0,098	0,476
40	COCR	Gros-bec	0	0	0,05	0,3	2,6	0,5
38	CEBR	Grimpereau des jardins	0	0	0,063	0,771	4,563	5,25
47	OROR	Loriot d'Europe	0	0	0	0	0,333	0,432
48	GAGL	Geai des chênes	0	0	0,03	0	0,504	1,272
7	PIMI	Pic épeichette	0	0	0	0	0,473	0,42
19	TUVI	Grive draine	0	0	0	0	0,683	0,604
34	FIHY	Gobe-mouches noir	0	0	0	0	6,258	4,47
46	STUN	Etourneau unicolor	0	0	0	0	0	0,623
37	PAAT	Mésange noire	0	0	0	0	2,618	10,71
			a	b	cdef	gjk	h	i
	Alti		170	132	116	69	637	958
	Haut_arb		0	0	327	1113	1035	1760
	Haut_bra		0	0	121	202	418	363
	Rec_arb		0	0	12	59	65	68
	Haut_bui		24	60	158	205	5	101
	Rec_bui		1	65	70	54	0	22
	Haut_her		24	23	22	24	17	27
	Rec_her		77	4	10	13	10	63

Références

Blondel, J., Chessel, D. & Frochot, B. (1988) Niche expansion and density compensation of island birds in mediterranean habitats. A case study from comparison of two ecological successions. Ecology : 69, 6, 1899-1917.

Chessel, D., Lebreton, J.D. & Prodon, R. (1982) Mesures symétriques d'amplitude d'habitat et de diversité intra-échantillon dans un tableau espèces-relevés: cas d'un gradient simple. Compte rendu hebdomadaire des séances de l'Académie des sciences . Paris, D : III, 295, 83-88.

Chessel, D., Lebreton, J.D. & Yoccoz, N. (1987) Propriétés de l'analyse canonique des correspondences. Une utilisation en hydrobiologie. Revue de Statistique Appliquée : 35, 4, 55-72.

Esteve, J. (1978) Les méthodes d'ordination : éléments pour une discussion. In : Biométrie et Ecologie. Legay, J.M. & Tomassone, R. (Eds.) Société Française de Biométrie, Paris. 223-250.

Hill, M.O. (1973) Reciprocal averaging : an eigenvector method of ordination. Journal of Ecology : 61, 237-249.

Lebreton, J.D., Chessel, D., Prodon, R. & Yoccoz, N. (1988) L'analyse des relations espèces-milieu par l'analyse canonique des correspondances. I. Variables de milieu quantitatives. Acta Œcologica, Œcologia Generalis : 9, 1, 53-67.

Lebreton, J.D., Sabatier, R., Banco, G. & Bacou, A.M. (1991) Principal component and correspondence analyses with respect to instrumental variables : an overview of their role in studies of structure-activity and species- environment relationships. In : Applied Multivariate Analysis in SAR and Environmental Studies. Devillers, J. & Karcher, W. (Eds.) Kluwer Academic Publishers. 85-114.

Lebreton, J.D. & Yoccoz, N. (1987) Multivariate analysis of bird count data. Acta Œcologica, Œcologia Generalis : 8, 2, 125-144.

Mercier, P. (1991) Analyses des relations espèces-environnement et étude de la co-structure d'un couple de tableaux. Thèse de doctorat, Université Lyon 1. 1-168.

Prodon, R. & Lebreton, J.D. (1981) Breeding avifauna of a Mediterranean succession : the holm oak and cork oak series in the eastern Pyrénées. 1 : Analysis and modelling of the structure gradient. Oïkos : 37, 21-38.

Rencher, A.C. (1988) On the use of correlations to interpret canonical functions. Biometrika : 75, 363-365.

Ter Braak, C.J.F. (1985) Correspondence analysis of incidence and abundance data : properties in terms of a unimodal reponse model. Biometrics : 41, 859-873.

Ter Braak, C.J.F. (1986) Canonical correspondence analysis : a new eingenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology : 69, 69-77.

Ter Braak, C.J.F. (1987) The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. Vegetatio : 69, 69-77.

Ter Braak, C.J.F. (1987) CANOCO - a FORTRAN program for Canonical commnity ordination by [partial][detrended][canonical] correspondence analysis and redundancy analysis. Software documentation. Version 2.1, TNO Institute of Applied Computer Science, Wageningen.

Ter Braak, C.J.F. (1987) Unimodal models to relate species to environment. Agricultural Mathematics Group, Box 100, NL-6700, AC Wageningen, The Netherlands. 1-152.

Thioulouse, J. & Chessel, D. (1992) A method for reciprocal scaling of species tolerance and sample diversity. Ecology : 73, 670-680.



ANALYSES DES CORRESPONDANCES SUR UN CUBE DE DONNÉES

Résumé

La fiche explore diverses possibilités de méthodes élémentaires associées à un cube de données.

Sommaire

1 Problème posé 2

1.1 Données traitées 2
1.2 Mixage de tableaux écologiques 3
1.3 Permutations par blocs 6

2 L'analyse d'une face du cube 8

2.1 Trois manières d'analyser une face du cube 9
2.1.1 AFC d'une somme de tableaux 9
2.1.2 AFC de la pondération d'un tableau 10
2.1.3 AFC inter-classes 10
2.1.4 Procédure générale de la double inter-classes d'une face du cube 12
2.2 L'analyse de la face Espèces-Strates 13
2.3 Inter-Structures entre régions 18

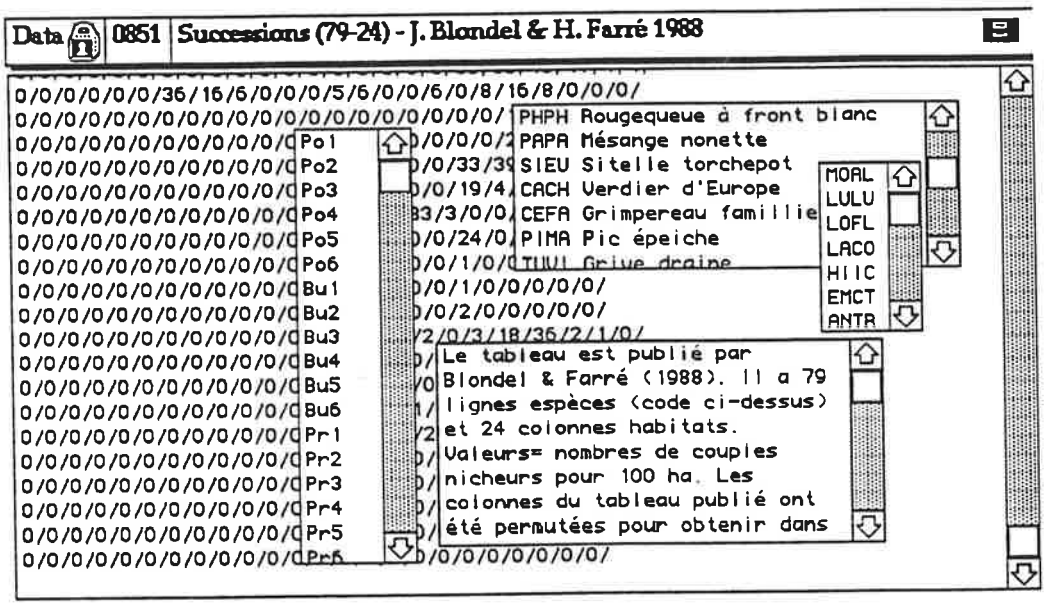
3 Approches complémentaires 21

3.1 Analyse de la face Espèces-Régions 21
3.2 Analyses simples : exécution 23
3.3 Des analyses simples très particulières 26

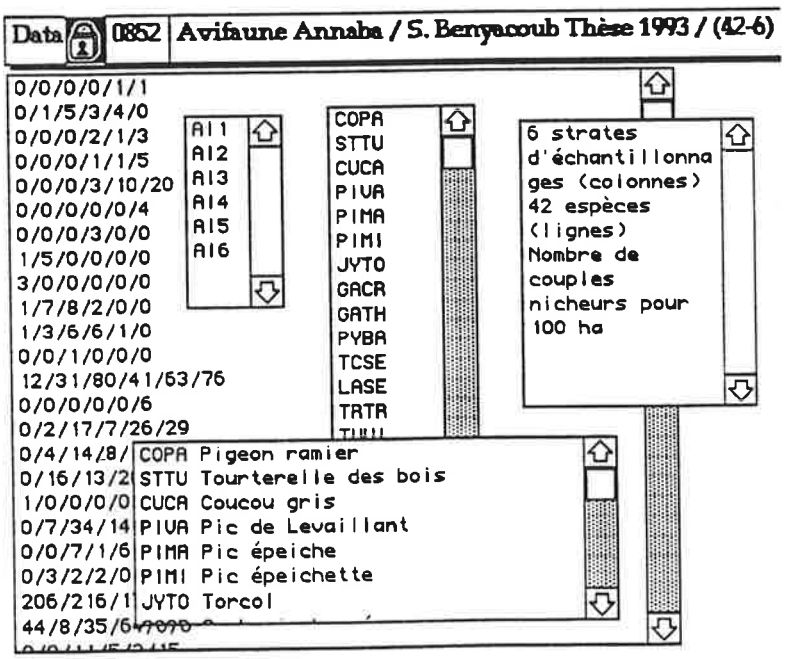
1 Problème posé

1.1 Données traitées

Le problème est posé par un article de Blondel & Farré (1988*). Les données sont dans la carte Successions de la pile ADE•Data :



Il s'agit de mesurer la variabilité du cortège avifaunistique entre 4 régions (Pologne, Bourgogne, Provence et Corse), le long du gradient de fermeture de la végétation vu par six strates d'échantillonnage (1- végétation buissonnante basse (hauteur < 1 m) à 6- forêts de plus de 20 m de hauteur). On ajoute aux données des auteurs cités un cinquième ensemble provenant de l'Est algérien (carte Successions+1) :



Créer un dossier de travail et enregistrer dapuis ces cartes les fichiers ASCII correspondants en utilisant les noms de fichiers proposés :

en utilisant les noms de fichiers proposés :



On possède alors les fichiers PoBuPrCo.txt (79 espèces - 24 séries de relevés), Code_Esp_BF88 (79 chaînes de 4 caractères codant les espèces), Code_Rel_BF88 (24 chaînes de 3 caractères codant les séries), Noms_Esp_BF88 (79 chaînes de caractères), Al.txt (42 espèces-6 séries de relevés), Code_Esp_SB93 (42 chaînes de 4 caractères codant les espèces), Noms_Esp_SB93 (42 chaînes de caractères) et Code_Rel_SB93 (6 chaînes de 3 caractères codant les séries). Passer en binaire PoBuPrCo.txt (fichier binaire PoBuPrCo, 79-24) et Al.txt (fichier binaire Al, 42-6) par **TextBinary**.

1.2 Mixage de tableaux écologiques

La première opération consiste à mixer les deux tableaux. Transposer chacun des tableaux par **Transpose** (A 24-79 et B 6-42), le module utile (**EcoTabCoding**) supposant les espèces en colonnes.

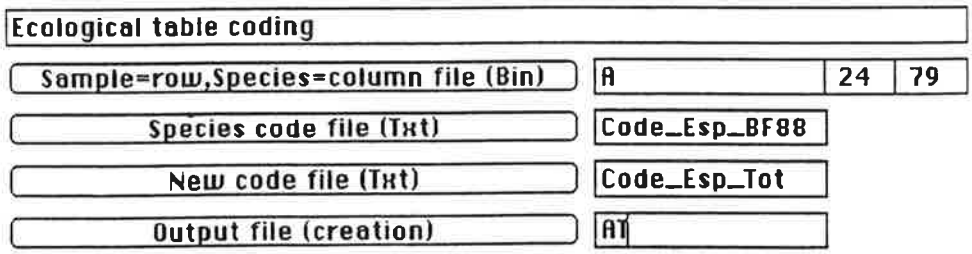
Constituer ensuite le code de référence commun aux deux tableaux. Pour ce faire, ouvrir avec Excel ™ les deux fichiers de noms d'espèces et coller le second derrière le premier :

75	LAEX	Pie grièche grise
76	EMHO	Bruant ortolan
77	ANCA	Pipit rousseline
78	OEHI	Traquet oreillard
79	SYCN	Fauvette à lunettes
80	COPA	Pigeon ramier
81	STTU	Tourterelle des bois
82	CUCA	Coucou gris
83	PIVI	Pic de Levaillant
84	PITR	Pic épeiche
85	PITR	Pic épeichette
86	JYTO	Torcol

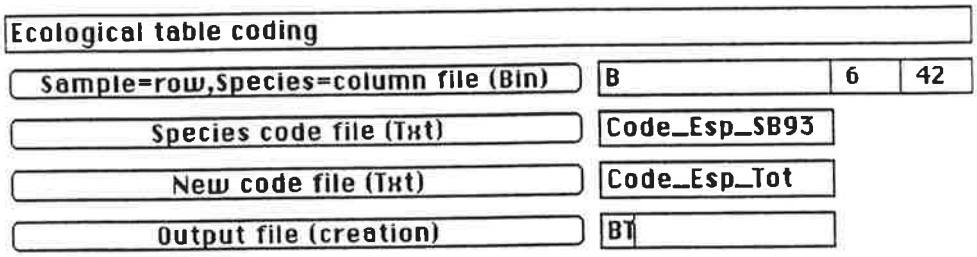
puis trier sur la première colonne et supprimer les lignes en double :

5	ANTR	Pipit des arbres
6	CACH	Verdier d'Europe
7	CACN	Linotte mélodieuse
8	CACN	Linotte mélodieuse
9	CACR	Chardonneret élegant
10	CACR	Chardonneret
11	CEBR	Grimpereau brachydactyle

Copier la première colonne, la coller dans un fichier Edit et la sauver (fichier Code_Esp_Tot). Utiliser le fichier Exel pour imprimer le code (Tableau 1). On obtient 89 espèces, le tableau de l'avifaune d'Algérie ayant introduit 10 espèces nouvelles. Chacun des deux tableaux est ramenés au code commun par **EcoTabCoding** :



Le programme crée le fichier AT à 24 lignes (comme A) et 89 espèces (code commun aux deux tableaux). De même :



Le programme crée le fichier BT à 6 lignes (comme B) et 89 espèces (code commun aux deux tableaux). Les tableaux AT et BT sont juxtaposés dans R•S/E (30-89) par **RowPaste** puis le tableau résultat R•S/E est transposé dans E/R•S (89-30) par **Transpose**. E/R•S est envoyé dans Excel™ par l'intermédiaire de **Binary-Text** puis édité (Tableau 2).

1	AECA	Mésange à longue queue	46	PAAT	Mésange noire
2	ALAR	Alouette des champs	47	PACA	Mésange bleue
3	ALRU	Perdrix rouge	48	PACR	Mésange huppée
4	ANCA	Pipit rousseline	49	PAMA	Mésange charbonnière
5	ANTR	Pipit des arbres	50	PAMO	Mésange boréale
6	CACH	Verdier d'Europe	51	PAPA	Mésange nonette
7	CACN	Linotte mélodieuse	52	PHBO	Pouillot de Bonelli
8	CACR	Chardonneret élégant	53	PHCO	Pouillot véloce
9	CEBR	Grimpereau des jardins	54	PHPH	Rougequeue à front blanc
10	CEFA	Grimpereau familier	55	PHSI	Pouillot siffleur
11	CIJU	Cisticole des joncs	56	PHTR	Pouillot fitis
12	CLGL	Coucou-geai	57	PICA	Pic cendré
13	COCN	Corneille mantelée	58	PIMA	Pic épeiche
14	COCO	Caille des blés	59	PIME	Pic mar
15	COCR	Gros bec cassenoyaux	60	PIMI	Pic épeichette
16	COOE	Pigeon colombin	61	PIVI	Pic vert
17	COPA	Pigeon ramier	62	PIVA	Pic de Levaillant
18	CUCA	Coucou gris	63	PRMO	Accenteur mouchet
19	DRMA	Pic noir	64	PYBA	Bulbul gris
20	EMCR	Bruant zizi	65	PYPR	Bouvreuil pivoine
21	EMCT	Bruant jaune	66	REIG	Roitelet triple bandeau
22	EMHO	Bruant ortolan	67	SARU	Traquet tarier
23	ERRU	Rougegorge familier	68	SATO	Traquet pâtre
24	FIHY	Gobe-mouches noir	69	SECA	Serin des Canaries
25	FRCO	Pinson des arbres	70	SECI	Venturon montagnard
26	GACR	Cochevis huppé	71	SESE	Serin cini
27	GAGL	Geai des chênes	72	SIEU	Sitelle torchepot
28	GATH	Cochevis de Thekla	73	STTU	Tourterelle des bois
29	HIIC	Hypolaïs ictérine	74	STUN	Etourneau unicolor
30	HIPO	Hypolaïs polyglotte	75	STVU	Etourneau sansonnet
31	JYTO	Torcol	76	SYAT	Fauvette à tête noire
32	LACO	Pie-grièche écorcheur	77	SYBO	Fauvette des jardins
33	LAEX	Pie grièche grise	78	SYCA	Fauvette passerinette
34	LASE	Pie-grièche à tête rousse	79	SYCN	Fauvette à lunettes
35	LOFL	Locustelle fluviatile	80	SYCO	Fauvette grisette
36	LONA	Locustelle tachetée	81	SYHO	Fauvette orphée
37	LUAR	Alouette lulu	82	SYME	Fauvette mélanocéphale
38	LULU	Rossignol progné	83	SYSA	Fauvette sarde
39	LUME	Rossignol philomèle	84	SYUN	Fauvette pitchou
40	MICA	Bruant proyer	85	TCSE	Télophone tchagra
41	MOAL	Bergeronnette grise	86	TRTR	Troglodyte
42	MUAL	Gobemouche à collier	87	TUME	Merle noir
43	MUST	Gobe-mouches gris	88	TUPH	Grive musicienne
44	OEHI	Traquet oreillard	89	TUVI	Grive draine
45	OROR	Loriot d'Europe			

Tableau 1 : Code des espèces du tableau global.

	1-Pologne						2-Bourgogne						3-Provence						4-Corse						5-Algérie					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
AECA	0	0	0	0	0	0	19	25	13	6	8	4	0	0	0	3	0	0	0	11	4	19	7	10	0	0	0	0	0	0
ALAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALRU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ANCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANTR	0	25	76	44	42	32	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CACH	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	1	0	0	0	18	12	4	0
CACN	0	0	0	0	0	0	36	16	6	0	0	0	5	6	0	0	6	0	8	16	8	0	0	0	2	11	14	6	0	0
CACR	0	0	0	8	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	16	33	4	3	0	1	4	3	10	5	0
CEBR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	23	56	0	0	0	0	2	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14	52
CEFA	0	0	0	0	6	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16	0	0	0	0	0	0
CIJU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
CLGL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COCN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0
COCO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COCR	0	0	40	20	19	34	0	1	2	6	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
CODE	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COPA	0	0	24	0	2	9	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
CUCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	3	2	2	1	3	1	0	0	0	2	1	3
DRMA	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EMCR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	4	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0
EMCT	21	45	99	99	25	7	30	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EMHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ERRU	0	0	0	80	62	83	4	17	42	37	35	29	0	0	0	23	38	61	7	17	27	44	74	57	0	16	13	26	85	104
FIHY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
FRCO	0	0	0	99	91	99	0	1	4	22	41	56	0	0	0	0	31	77	14	6	33	69	42	64	2	9	21	23	31	23
GACR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0
GAGL	0	0	0	0	0	0	1	2	4	5	7	8	0	2	11	11	11	6	3	1	1	9	14	10	0	0	0	1	0	13
GATH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
HIIC	0	0	60	20	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HIPO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JYTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
LACO	0	45	20	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
LAEX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LASE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
LOFL	0	0	26	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LONA	0	0	0	0	0	0	23	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LUAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	27	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LULU	5	22	6	6	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LUME	0	0	0	0	0	0	5	23	16	0	0	0	0	2	62	45	49	1	3	0	1	0	0	0	0	4	14	8	1	0
MICA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0
MOAL	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MUAL	0	0	0	0	99	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MUST	0	0	0	0	21	9	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0	0	18	0	0	0	4	22	0
OEHI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OROR	0	0	30	12	7	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
PAAT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	12	21	41	0	0	0	0	0	107
PACA	0	0	0	0	82	93	5	9	20	29	83	99	0	0	0	0	0	99	0	6	2	33	79	99	0	6	19	42	51	83
PACR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PAMA	0	0	0	0	51	50	3	8	9	23	33	47	0	0	0	22	31	32	16	17	25	36	26	47	1	3	8	39	33	37
PAMO	0	0	0	0	0	0	2	8	30	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PAPA	0	0	0	0	7	7	0	1	3	15	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PHBO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	21	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21	41	5
PHCO	0	0	40	14	4	6	99	99	72	8	2	4	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	5	2	15
PHPH	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PHSI	0	0	26	80	48	34	0	0	0	5	10	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PHTR	0	0	90	0	0	0	63	64	36	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PICA	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIMA	0	0	0	0	16	17	0	0	1	2	4	7	0	0	0	0	0	18	0	0	0	1	4	11	0	0	0	3	10	20
PIME	0	0	0	0	4	7	0	0	0	1	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIMI	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
PIVI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIVA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5
PRMO	0	0	0	0	0	0	42	38	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PYBA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	8	2	0	0
PYPR	0	0	0	0	0	0	6	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
REIG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	15	0	0	16	73	88	90	0	0	0	0	28	48
SARU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SATO	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SECA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SECI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	53	49	17	4	4	0	0	0	0	0	0
SESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	19	17	0
SIEU	0	0	0	0	28	45	0	0	0	2	21	38	0	0	0	0	2	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STTU	0	0	26	0	10	8	0	2	5	1	0	0	0	0	3	12	6	0	0	0	1	0	1	0	0	1	5	3	4	0
STUN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
STVU	0	0	0	0	38	86	0	0	0	1	8	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SYAT	0	0	30	99	36	41	17	41	55	7	3	5	0	0	0	61	69	55	3	3	12	71	68	67	0	7	34	14	74	46
SYBO	0	10	90	20	0	1	50	58	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SYCA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	42	83	3	0	0	10	42	20	1	0	0	0	0	0	0	0
SYCN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SYCO	0	10	0	0	0	0	66	28	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	0	2
SYHO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	6	1
SYME	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	69	3	2	0	3	18	36	2	1	0	206	216	171	223	63	0
SYSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	39	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SYUN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	44	1	0	2	0	4	14	15	1	0	0	44	8	35	64	0	0
TCSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	6	6	1	0
TRTR	0	0	0	0	2	8	14	12	10	24	37	23	0	0	0	0	0	50	6	28	10	63	45	50	12	31	80	41	63	76
TUME	0	0	26	10	35	25	9	6	14	5	10	10	0	11	2	80	49	38	31	15	29	14	24	11	0	2	17	7	26	29
TUPH	0	0	22	10	25	13	2	8	14	10	10	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUVI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6

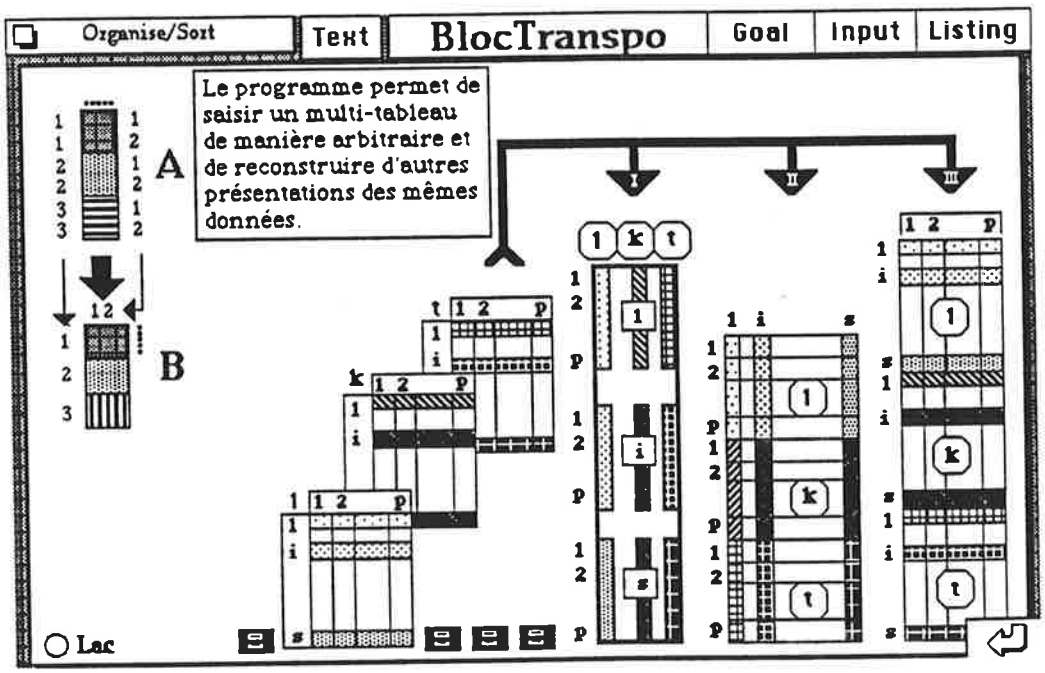
Tableau 2 : Tableau Espèces-Régions-Végétation (89-30).

1.3 Permutations par blocs

Le fichier obtenu au paragraphe précédent a été appelé R•S/E pour indiquer simplement que les lignes sont les couples (**R**égions,**S**trates) et les colonnes les **E**spèces. L'information disponible est complètes si on ajoute un fichier R•S qui contient deux variables qualitatives donnant le numéro de régions (5 modalités) et le numéro de strates (6 modalités). Créer ce fichier avec **Creat2Categ** :

Two categorical variable file	
Output file (creation)	R•S
Category number of variable 1	5
Category number of variable 2	6

Relire R•S avec **ReadCateg**. Il existe fondamentalement 3 manières de représenter un cube de données sous forme d'une juxtaposition de tableau, respectivement **S**trates/**E**spèces et **R**égions, **E**spèces/**S**trates et **R**égions, **S**trates/**E**spèces et **R**égions. On passe de l'une à l'autre par **BlocTranspo**.



Exécuter le module avec :

Multi table preparation			
Quantitative value table (Bin)	R•S/E	30	89
---*cat type file (Txt)	R•S*cat		
Selected var. for column definition	1		
Selected var. for row groups definition	2		
Output file (creation)	S•E/R		

Le fichier créé a 534 lignes (6 blocs de 89) et 5 colonnes. Il est complété par un fichier S•E qui contient deux variables qualitatives comptant respectivement 6 et 89 modalités (**Creat2Categ** et **ReadCateg**).

Réexécuter le module avec :

Multi table preparation			
Quantitative value table (Bin)	R•S/E	30	89
---*cat type file (Txt)	R•S*cat		
Selected var. for column definition	2		
Selected var. for row groups definition	1		
Output file (creation)	R•E/S		

Le fichier créé a 445 lignes (5 blocs de 89) et 6 colonnes. Il est complété par un fichier R•E qui contient deux variables qualitatives comptant respectivement 5 et 89 modalités (**Creat2Categ** et **ReadCateg**). Vérifier que le fichier R•E/S contient les 5 tableaux listés page 5, disposés les uns sous les autres et non les uns à côté des autres.



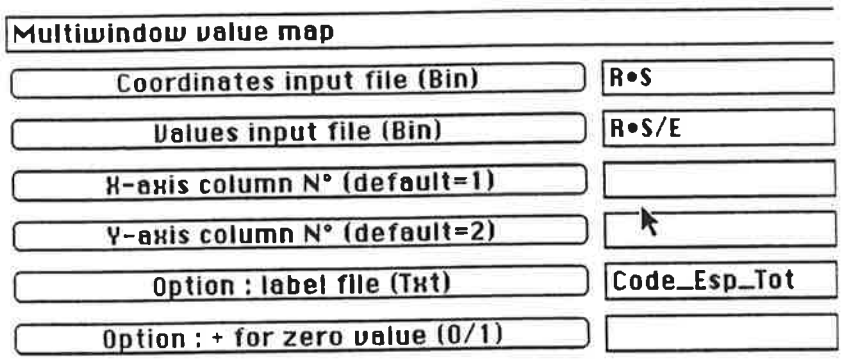
Figure 1 : Répartition entre régions (1-5, en abscisse) et strates (1-6, en ordonnée) des 89 espèces du tableau complet.

On aurait pu disposer d'une information équivalente au couple R•E/S et R•E avec un couple E•R/S et E•R, l'équivalence étant l'identité entre fichiers à une permutation des lignes près. Retenons donc l'existence des structures de données (Cf. Beffy & Dolédec 1991*) :

Type	Tableau	Codage
(Régions, Strates) - Espèces	R•S/E	R•S
(Strates, Espèces) - Régions	S•E/R	S•E
(Régions, Espèces) - Strates	R•E/S	R•E

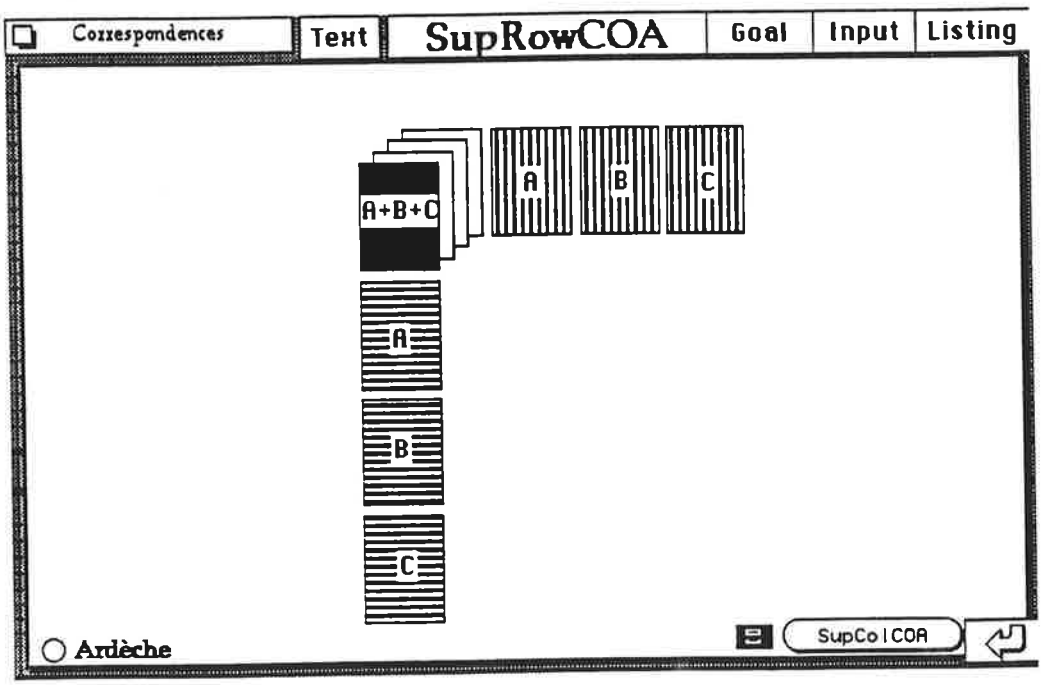
Comme il y a trois analyses de base, six analyses intra-classes (deux classifications par tableaux) et six analyses inter-classes (même raison), on ne saurait défendre l'idée que la méthode utilisée serait ... tirée au hasard parmi les 15 possibles !

On a 5 tableaux Espèces-Strates, 6 tableaux Espèces-Régions et 89 tableaux Régions-Strates. Ces 89 tableaux sont représentés par **XYColValue** dans la figure 1 avec les paramètres :

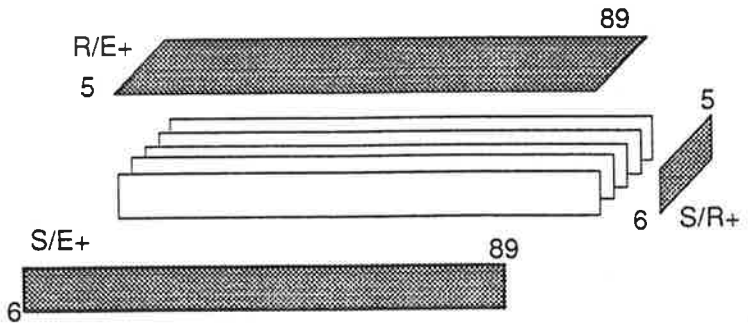


2 L'analyse d'une face du cube

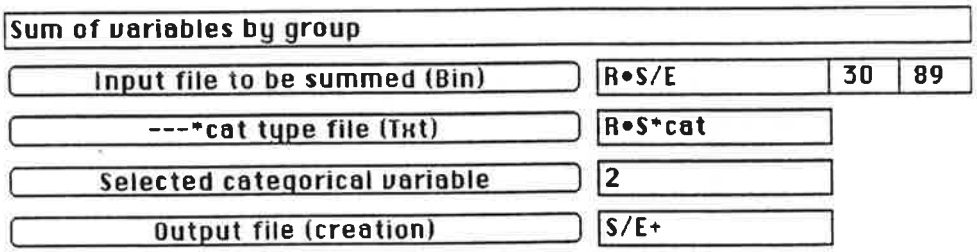
La méthode de Foucart (1978*) est exprimée dans la carte de documentation du module **SupRowCoa** :



Un cube de données définit trois faces, obtenues par sommation des tableaux élémentaires sur une des trois dimensions :



Utiliser **CateRowSum** sur :



Le fichier créé S/E+ a 6 lignes et 89 colonnes. Par permutation on obtient le fichier E/S+ (89-6).

2.1 Trois manières d'analyser une face du cube

Quand on a K tableaux, on s'interroge sur leur ressemblance ou leur dissemblance. Cette fiche concerne essentiellement le premier objectif. Nous allons voir que, dans le cas d'un cube, chaque analyse d'un tableau obtenu par l'addition de sous-tableaux équivaut strictement à une analyse inter-classes.

2.1.1 AFC d'une somme de tableaux

La première manière d'analyser une face du cube consiste à faire l'AFC du tableau E/S+ qui vient d'être constitué par addition pure et simple :

```
Input file : S/E+.fcta
Rows = 6  Columns = 89

Total inertia   .8213943

---------------- Eingenvalues ------------------
/  1:.5263E+00/.6407/0.6407/  2:.1561E+00/.1901/0.8308
/  3:.6991E-01/.0851/0.9159/  4:.3929E-01/.0478/0.9637
/  5:.2980E-01/.0363/1.0000/  6:.0000E+00/.0000/1.0000

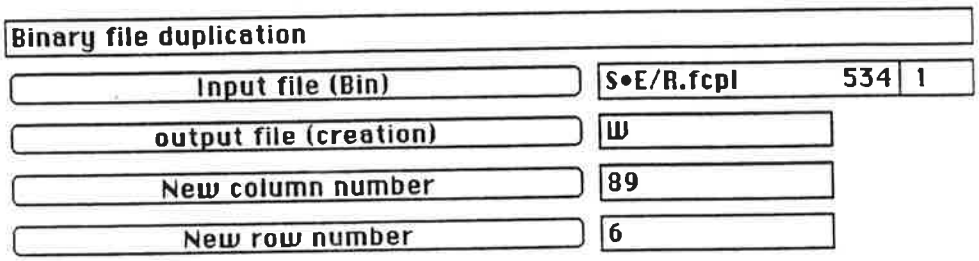
File : S/E+.fcco
---------------------- Minima -- Maxima -----------------------
col   1       Mini = -.1105E+01                Maxi = +.1694E+01
col   2       Mini = -.1883E+01                Maxi = +.1331E+01
-----------------------------------------------------------------

File : S/E+.fcli
---------------------- Minima -- Maxima -----------------------
col   1       Mini = -.8019E+00                Maxi = +.1229E+01
col   2       Mini = -.7442E+00                Maxi = +.5258E+00
-----------------------------------------------------------------
```

Vérifier l'identité des résultats avec l'AFC de S/E+.

2.1.2 AFC de la pondération d'un tableau

La notion de compromis est relativement simple : les tableaux espèces-strates définissent, pour chaque région, une typologie réciproque. On s'interroge, en priorité, sur la partie commune ou constante de cette typologie. Il s'agit en tout état de cause de moyenne. Par exemple, le tableau S•E/R contient colonne par colonne le modèle de répartition inter/strates de chaque espèce (pour une région-colonne donnée). Un compromis inter-région touche le modèle moyen (sur l'ensemble des régions) de ces modes de répartition. Ce modèle moyen est exactement dans la distribution des poids des lignes de l'AFC de S•E/R. Lancer l'AFC de S•E/R (**fc/COA**). Le fichier S•E/R.fcpl a 534 lignes et 1 colonne. Il contient strate par strate le poids moyen de chaque espèce. Il contient en 6 colonnes superposées le poids moyen des espèces toute régions confondues. Rien n'empêche alors de le considérer comme un tableau à 6 lignes et 89 colonnes. Avec **RowColChange**, dupliquer ce fichier en changeant ses paramètres :



puis exécuter l'AFC de W.

```
Input file : W.fcta
Rows = 6  Columns = 89

Total inertia    .8213943

File W.fccl contains row contributions to the trace
It is a  6  row and 1 column file

File W.fccc contains column contributions to the trace
It is a  89  row and 1 column file

---------------- Eingenvalues ------------------
/  1:.5263E+00/.6407/0.6407/  2:.1561E+00/.1901/0.8308
/  3:.6991E-01/.0851/0.9159/  4:.3929E-01/.0478/0.9637
/  5:.2980E-01/.0363/1.0000/  6:.0000E+00/.0000/1.0000

File : W.fcco
----------------------- Minima -- Maxima -----------------------
col   1       Mini = -.1105E+01                Maxi = +.1694E+01
col   2       Mini = -.1883E+01                Maxi = +.1331E+01
----------------------------------------------------------------

File : W.fcli
----------------------- Minima -- Maxima -----------------------
col   1       Mini = -.8019E+00                Maxi = +.1229E+01
col   2       Mini = -.7442E+00                Maxi = +.5258E+00
----------------------------------------------------------------
```

Les résultats sont strictement équivalents aux précédents. Faire la somme ou la moyenne de tableaux est équivalent en AFC.

2.1.3 AFC inter-classes

Faire alors l'analyse inter-classes de R•S/E sur la colonne 2 (strates) de R•S. Préparer (**fc/COA** sur R•E/S), puis coupler (**LinkPrep**) :

Linking a table to a categorical variable			
--.**ta type file (Bin)	R•E/S.fcta	445	6
Categorical variable file (Bin)	R•E	445	2
Selected variable (default = 1)	2		
Generic output file (creation)	A		

et diagonaliser (**BetweenCla1**).

```
Title of the analysis       A
Total inertia    .8213943

Negative eigenvalue 6       -1.21272E-08
---------------- Eingenvalues ------------------
/  1:.5263E+00/.6407/0.6407/  2:.1561E+00/.1901/0.8308
/  3:.6991E-01/.0851/0.9159/  4:.3929E-01/.0478/0.9637
/  5:.2980E-01/.0363/1.0000/  6:.0000E+00/.0000/1.0000

File A.becc contains trace contributions of columns
It is a  6  row and 1 column file

File A.becl contains trace contributions of classes
It is a  89  row and 1 column file

File A.beco contains column scores
It is a  6  row and  2  column file

File : A.beco
----------------------- Minima -- Maxima -----------------------
col   1       Mini = -.8019E+00                Maxi = +.1229E+01
col   2       Mini = -.7442E+00                Maxi = +.5258E+00
----------------------------------------------------------------

File A.beli contains the scores of classes
It is a  89  row and  2  column file

File : A.beli
----------------------- Minima -- Maxima -----------------------
col   1       Mini = -.1105E+01                Maxi = +.1694E+01
col   2       Mini = -.1883E+01                Maxi = +.1331E+01
----------------------------------------------------------------
```

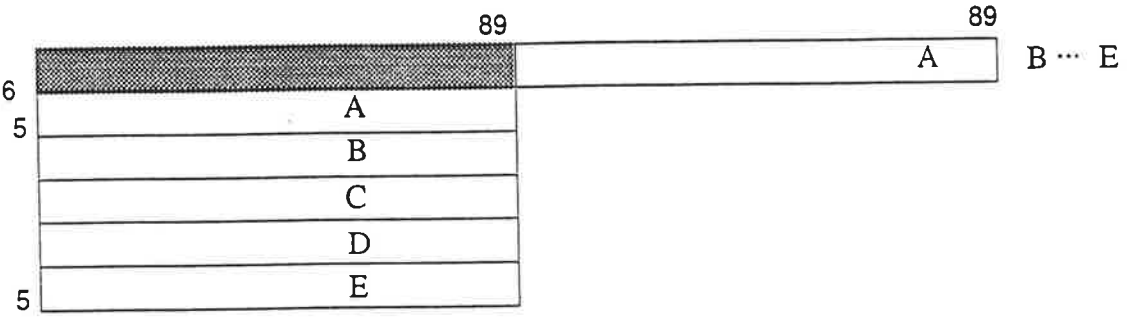
L'exercice vérifie ce qu'il est aisé de démontrer : une analyse des correspondances du tableau somme (sur les régions) est une analyse des correspondances inter-classe (entre les strates). On obtient de plus, en lignes supplémentaires les éléments Régions-Espèces. Les bornes sont conservées car les extrema sont obtenus pour des espèces présentes dans une seule région.

```
File A.bels  contains the scores of individuals.
It is a  445  row and  2  column file

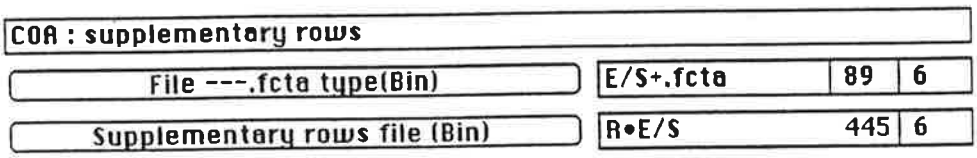
File : A.bels
----------------------- Minima -- Maxima -----------------------
col   1       Mini = -.1105E+01                Maxi = +.1694E+01
col   2       Mini = -.1883E+01                Maxi = +.1331E+01
----------------------------------------------------------------
```

Soulignons qu'il y a deux analyses interclasses équivalentes. Nous avons fait l'inter-classes de R•E/S.fcta sur la colonne 2 de R•E. On obtiendra les mêmes résultats, mais d'autres aides à l'interprétation avec l'inter- classes de R•S/E sur la colonne 2 de R•S. En effet les deux analyses sont l'AFC du tableau somme des tableaux par région, la première positionnant les entités espèce-région, la seconde positionnant les entités strate-région. Les projections des

individus supplémentaires de Foucart interviennent naturellement dans les deux inter-classes équivalentes.



La projection de lignes ou de colonnes en individus supplémentaires est la même opération. On pourra par exemple transposer le fichier S/E+ (**Transpose**), exécuter l'AFC du résultat (**fc/COA** et **DiagoRC**), projeter en lignes supplémentaires le fichier R•E/S (**SupRowCoa**) :



Vérifier alors que le fichier R•E/S.fcls est strictement identique au fichier A.bels. On obtiendrait le même résultat en projetant en colonnes supplémentaires sur l'analyse de S/E+ le transposé de R•E/S. Comme le programme **StarGraph** représente directement des classes avec leur centre de gravité, la seule précaution à prendre, pour obtenir toute l'information disponible sans erreur, est de munir les éléments représentés de leur poids. Les profils vides (ici il y a nombre d'espèces absentes de la plupart des régions) sont placés à l'origine, ce qui ne génère aucune information : leur poids nuls les éliminent automatiquement dans le programme **StarGraph.**

2.1.4 Procédure générale de la double inter-classes d'une face du cube

Pour éviter toute manipulation inutile, qui ont été présentées ci-dessus comme illustration, on pourra procéder comme suit.

— Choisir les deux tableaux de base dont les colonnes sont les éléments lignes et colonnes de la face étudiée, ici R•E/S (Strates) et R•S/E (Espèces).

— Implanter les descriptifs marginaux des deux tableaux par **Creat2Categ**, ici R•E et R•S.

— Initier les deux analyses des correspondances par **fc/COA**, pour obtenir les deux pondérations marginales, ici R•E.fcpl et R•S.fcpl.

— Sommer les sous-tableaux sur le descriptif de l'un d'entre eux en utilisant dans **CateRowSum** la variable représentant le mode conservé, ici R•E/S sur la variable 2 de R•E (on obtient E/S) ou R•S/E sur la variable 1 de R•S (on obtient S/E).

— Faire l'AFC du tableau somme (**fc/COA** et **DiagoRC**)

— Projeter en lignes supplémentaires (**RowSupCoa**) le tableau qui a servi à faire la somme.

— Transposer (**Transpose**) et projeter en colonne supplémentaires (ColSupCoa) le tableau qui n'a pas servi à faire la somme.

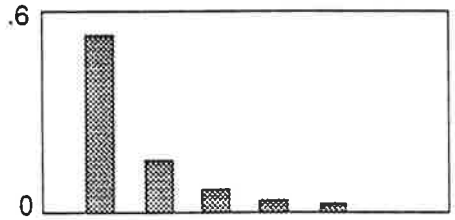
— Utiliser deux fois **StarGraph** pour faire les cartes factorielles.

2.2 L'analyse de la face Espèces-Strates

On applique la procédure précitée. Les fichiers nécessaires sont R•E/S (445-6) et R•E (445-1), R•S/E (30-89) et R•S (30-1). Exécuter **ReadCateg** sur R•E et R•S. Exécuter **fc/COA** sur R•E/S et R•S/E. Additionner (**CateRowSum**) les sous-tableaux de R•E/S sur la colonne 2 de R•E :

Sum of variables by group			
Input file to be summed (Bin)	R•E/S	445	6
---*cat type file (Txt)	R•E*cat		
Selected categorical variable	2		
Output file (creation)	E/S		

Transposer R•S/E en E/R•S par **Transpose**. Exécuter l'AFC (**fc/COA** et **DiagoRC**) de E/S. Garder deux axes et éditer les valeurs propres :



Projeter en lignes supplémentaires le fichier R•E/S (**SupRowCOA**) :

COA : supplementary rows			
File ---.fcta type(Bin)	E/S.fcta	89	6
Supplementary rows file (Bin)	R•E/S	445	6

Projeter en colonnes supplémentaires les colonnes de E/R•S (**SupColCOA**) :

COA : supplementary columns			
File ---.fcta type (Bin)	E/S.fcta	89	6
Supplementary column file (Bin)	E/R•S	89	30

Faire la carte des entités Espèces-Régions (R•E/S.fcls). Utiliser **StarGraph** :

Star graph			
Input file (Bin)	R•E/S.fcls	445	2
X-Axis column (default value=1)			
Y-Axis column (default value=2)			
Categorical variable file (Bin)	R•E	445	2
Selected column (default value=1)	2		
Option : class labels (Txt)	Code_Esp_Tot		
Option : point labels (Txt)			
Option : point weighting (Bin)	R•E/S.fcpl	445	1

Ajouter avec **Scatter** la carte des strates (E/S.fcco) et arranger le résultat sous MacDraw™ pour obtenir la figure 2.

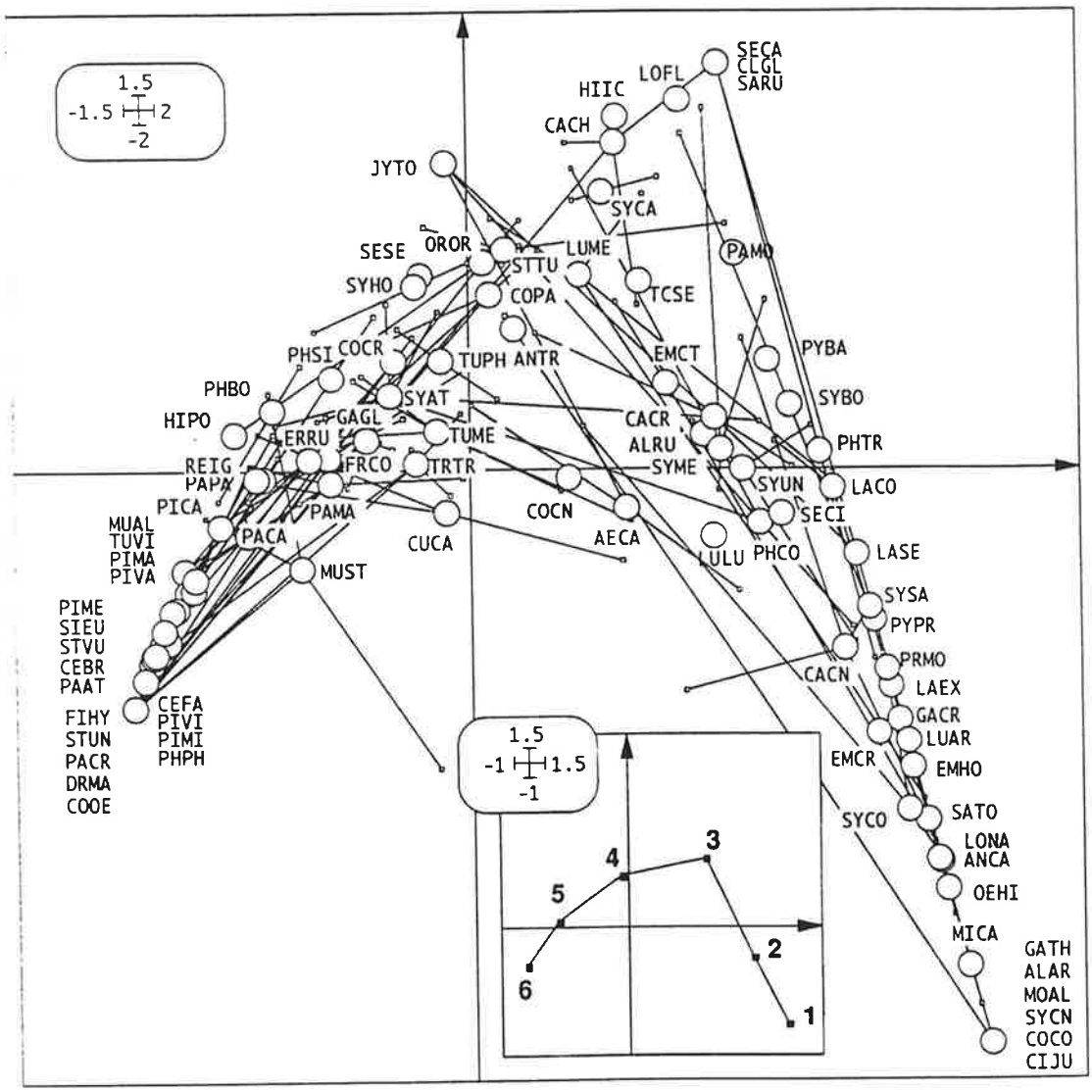


Figure 2 : Compromis des structures espèces-strates par l'analyse inter-strates du tableau (Régions, Strates)-Espèces. Chaque espèce a une position moyenne et une position par région où elle est présente. Il y a de nombreuses discordances sur une structure commune forte.

On voit essentiellement sur la figure 2 le gradient hauteur de la végétation et l'ordination des espèces le long du gradient. On note que la position d'un taxon n'est pas toujours très cohérente (se reporter à la figure 1), sans savoir encore s'il s'agit de différences organisées selon les régions ou de discordances aléatoires. L'AFC inter-classe est donc une manière simple et efficace de chercher une structure compromis sur plusieurs tableaux.

On peut préférer faire la même figure sur 5 fenêtres séparées. Pour manipuler les étiquettes des espèces il faut coller cinq fois le contenu du fichier Code_Esp_Tot dans un fichier R•E_Code_Esp. Utiliser alors **ScatterGroup** sur les fichiers R•E/S.fcls (coordonnées des lignes de R•E), R•E_Code_Esp pour étiqueter les points et R•E (colonne 1) pour répartir les points en cinq fenêtres (1 par région). On obtient la figure 3, autre lecture de la figure 2. La figure 3 est reprise dans la figure 4. On a simplement enlevé les étiquettes et souligner la forme commune des cinq nuages de points. La structure compromis fait complètement abstraction des différences entre cortèges faunistiques qui sera discutée par ailleurs.

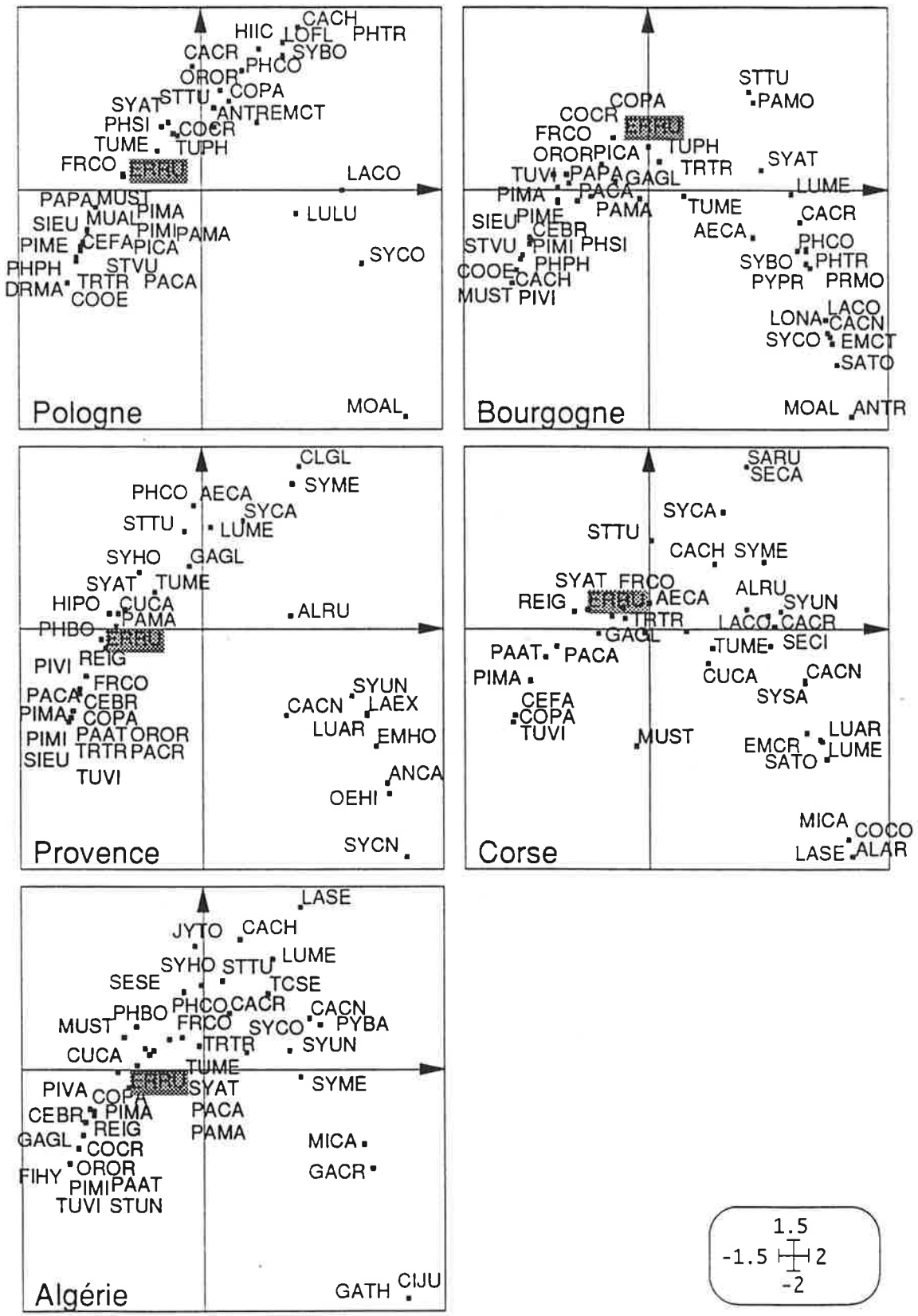


Figure 3 : Décomposition de la carte de la figure 2 en cinq composantes régionales. La représentation privilégie la lisibilité des étiquettes mais cache l'architecture des sous-nuages reprise dans la figure 4.

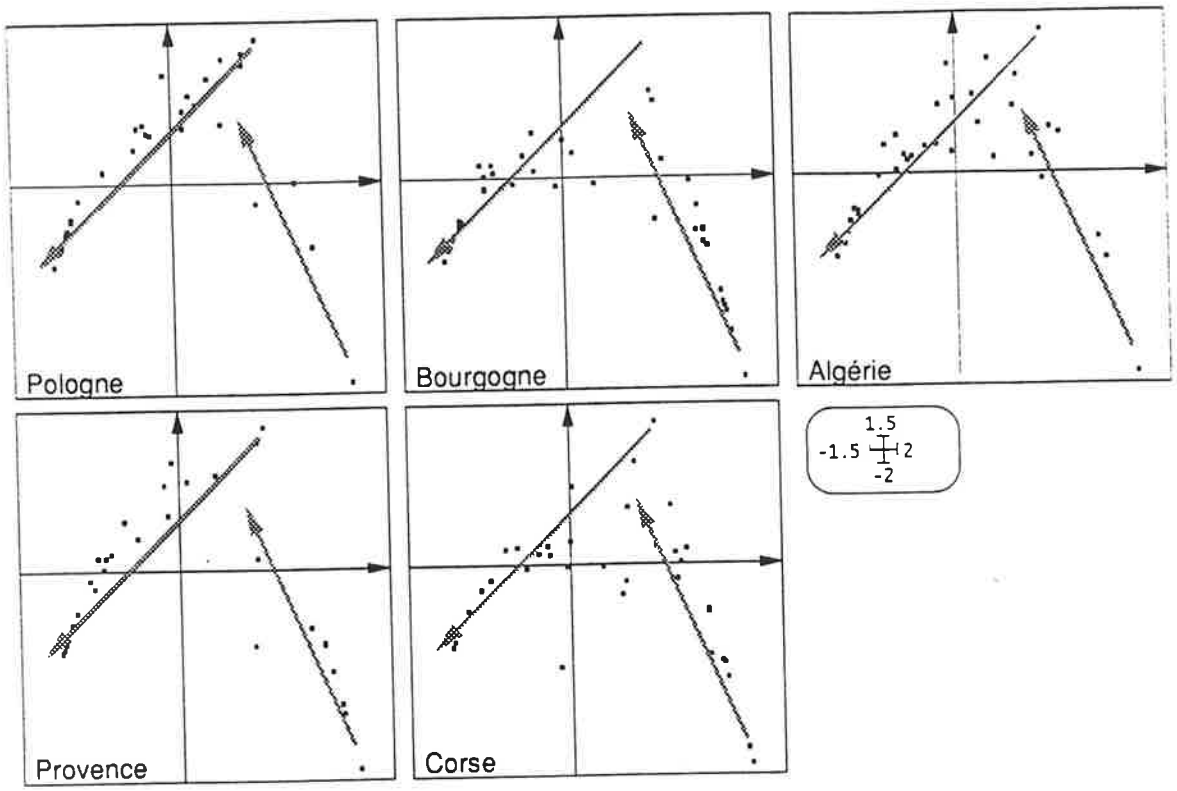


Figure 4 : Mise en évidence de la forme commune des nuages des espèces par régions. Une même disposition dans un plan des 6 strates (encart de la figure 2) positionne les espèces de chaque région par leur position moyenne (à une constante près). En dépit des difficultés expérimentales inhérentes au choix de stratifications parallèles dans des situations géographiques très différentes, on reproduit remarquablement bien la même structure.

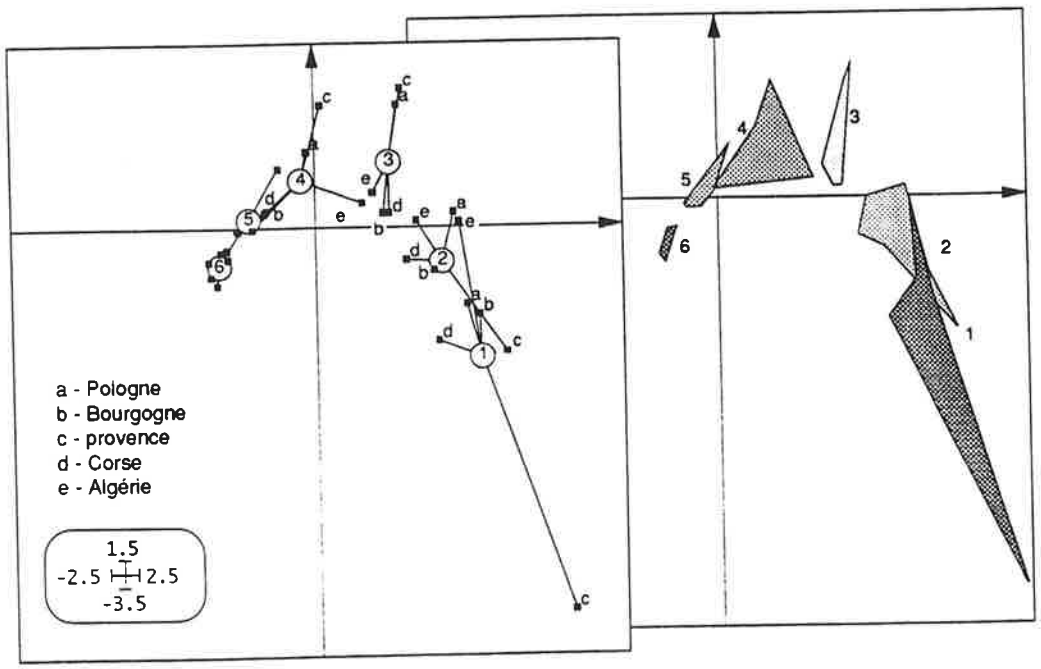


Figure 5 : Compromis des structures espèces-strates par l'analyse inter strates du tableau (régions, strates) - espèces. Les discordances inter-régions proviennent surtout des difficultés de coordination d'expériences dans des séries de végétation très différentes. La structure du compromis, malgré ces difficultés, est très forte.

Achever en faisant la carte des entités Strates-Stations avec **StarGraph**, sans omettre, ici encore, la pondération indispensable :

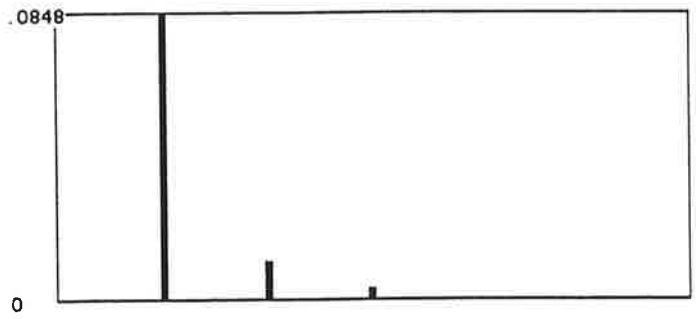
Star graph	
Input file (Bin)	E/R•S.fccs
X-Axis column (default value=1)	
Y-Axis column (default value=2)	
Categorical variable file (Bin)	R•S
Selected column (default value=1)	2
Option : class labels (Txt)	
Option : point labels (Txt)	
Option : point weighting (Bin)	R•S/E.fcpl

On obtient la figure 5. On y apprend que le compromis est plus précis dans la strate 6 que dans la strate 1. La position du point Algérie de la strate 1 s'apparente à un point de la strate 2, tandis que le point Provence de la strate 1 est assez original. La convergence des listes d'espèces en milieu forestier, au centre des préoccupations de Blondel & Farré (op. cit.) s'accompagne d'une convergence des structures, le calage des gradients entre eux étant d'autant plus précis qu'est grand le nombre d'espèces qui y participent. Les figures 2 et 5 forment, en tout cas, un excellent outil d'exploration de la structure d'une face (ici espèces-strates) du cube de données.

Dans cette méthode, on fait simplement la somme des tableaux des 5 régions. On suppose implicitement que cette opération a un sens. L'analyse de cette somme montre *a posteriori* qu'elle a bien une signification certaine. Si nous avions additionné cinq tableaux de structures différentes, nous aurions obtenu un tableau sans structure apparente. Par exemple, additionnons les 89 tableaux régions-strates associés aux espèces.

Sum of variables by group			
Input file to be summed (Bin)	R•E/S	445	6
---*cat type file (Txt)	R•E*cat		
Selected categorical variable	1		
Output file (creation)	R/S		

L'AFC affiche des valeurs propres très faibles :

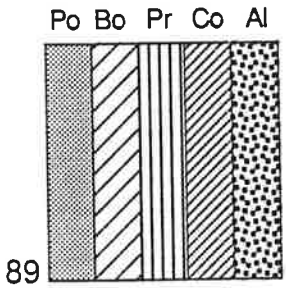


Mathématiquement, faire la somme des tableaux et l'AFC de la somme c'est faire la moyenne des distributions bivariées associées à chaque tableaux, moyenne pondérée par le poids total du tableau. On cherche la structure d'une combinaison des tableaux, combinaison simplement proposée par les données elles-mêmes. Si 4 des 5 tableaux avaient une structure commune, le cinquième étant étranger à cette structure commune, ce serait une erreur de les mélanger sans

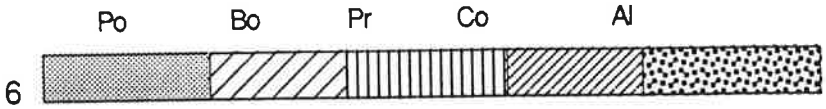
réserve. Il existe plusieurs méthodes indiquant *a priori* si on peut mélanger des tableaux ou seulement certains d'entre eux (Cf. Glaçon 1981*, Foucart 1984*, Lavit 1988*). On donne un exemple ci-après.

2.3 Inter-Structures entre régions

Repartons sur le tableau AB :



Accompagné d'un fichier ABCla obtenu par **Creat1Categ** (5 blocs de 6 points) il définit un tableau de codages flous. On considère ici que les 5 tableaux régionaux sont coordonnés par les taxons.



Permuté par bloc, après élimination des colonnes nulles, il forme un autre tableau de codages flous. Il est intéressant de comparer l'intensité des compromis vue par la méthode STATIS (Lavit 1988*) qui compare les opérateurs d'inertie.

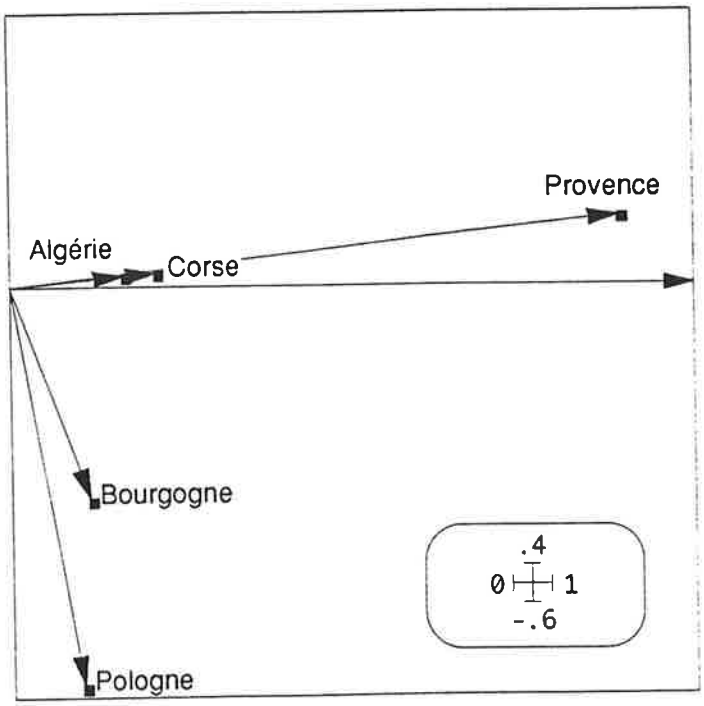


Figure 6 : Compromis de type STATIS vu par le lien entre espèces.

Lire d'abord le tableau AB et la partition ABCla par **ReadFuzzy** :

Preminary utilities on fuzzy table			
Input fuzzy variables file (Bin)	AB	89	30
Category indication file (Bin)	ABCla	30	1
Selected column (default=1)			
Option : non uniform weight (Bin)	E/S+.fcpl	89	1
Output file (Creation)	D		

Préparer l'AFC floue par **fl/FuzzyMCA** :

Fuzzy coding correspondence analysis	
*fuz type file (Txt)	D*fuz

Coupler cette analyse avec elle-même par **FuzzyCross** :

Two fuzzy table crossing	
Input file 1 (---.flma) (Txt)	D.flma
Input file 2 (---.flma) (Txt)	D.flma
Output file (creation)	DD

Diagonaliser la matrice des produits scalaires d'opérateurs par **FuzzyRV** :

ESCOUFIER analysis on fuzzy table	
Input file ---/flfl (Txt)	DD/flfl

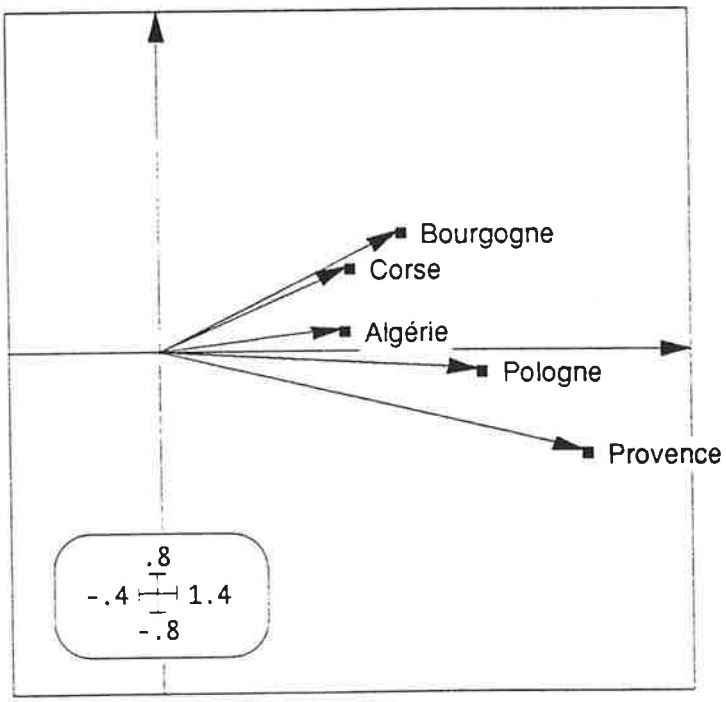


Figure 7 : Compromis de type STATIS vu par le lien entre strates.

Noter les inerties par sous-tableaux :

```
Variable  1    Inertia  .3968246 Pologne
Variable  2    Inertia  .2612332 Bourgogne
Variable  3    Inertia  .8169398 Provence
```

```
Variable  4    Inertia  .1654094 Corse
Variable  5    Inertia  .1165342 Algérie
```

Représenter la carte des tableaux par **Scatter** sur DD/RVco (Figure 6). Deux compromis distincts et indépendant se forment avec les trois tableaux de la région méditerranéenne et les deux tableaux de la zone médio-européenne. Les différences entre cortèges faunistiques sont trop fortes pour repérer, de cette manière, une structure commune aux cinq tableaux. Les longueurs des vecteurs sont liées à l'inertie des tableaux, le repérage portant sur les directions. La matrice des corrélations inter-tableaux (RV d'Escoufier, Escoufier 1973*, 1977*, Escoufier & Coll. 1992, Robert & Escoufier, 1976) indique sans conteste cette lacune de compromis global :

```
Lig   1/1.000/0.353/0.068/0.043/0.040/
Lig   2/0.353/1.000/0.139/0.073/0.070/
Lig   3/0.068/0.139/1.000/0.431/0.417/
Lig   4/0.043/0.073/0.431/1.000/0.498/
Lig   5/0.040/0.070/0.417/0.498/1.000/
```

L'autre mode d'approche donne des résultats très différents. Extraire les tableaux par région, enlever les colonnes nulles, observer qu'on obtient respectivement 39, 45, 39, 39 et 42 taxons présents par tableau (total = 204). Recomposer le tableau global (6-204) et refaire l'enchaînement qui précède. La matrice des coefficients RV vaut alors :

```
Lig   1/1.000/0.846/0.936/0.879/0.767/
Lig   2/0.846/1.000/0.808/0.976/0.765/
Lig   3/0.936/0.808/1.000/0.821/0.788/
Lig   4/0.879/0.976/0.821/1.000/0.735/
Lig   5/0.767/0.765/0.788/0.735/1.000/
```

La diagonalisation de la matrice des coefficients COVV (covariance vectorielle) fournit alors :

Compte-tenu de l'hétérogénéité des inerties :

```
Variable  1    Inertia  .7645861
Variable  2    Inertia  .4914155
Variable  3    Inertia  1.326339
Variable  4    Inertia  .3017339
Variable  5    Inertia  .3367833
```

apparente sur la figure 7 et de la prééminence de la première valeur propre :

```
/  1:.2872E+01/.8916/0.8916/  2:.1807E+00/.0561/0.9477
/  3:.1100E+00/.0341/0.9818/  4:.5189E-01/.0161/0.9979
```

La notion de compromis entre les typologies espèces-strates par région est bien mise en évidence par cette approche. Il s'agit, ici, d'une simple introduction.

3 Approches complémentaires

3.1 Analyse de la face Espèces-Régions

Achevons maintenant le tour des six analyses inter-classes, équivalentes entre elles deux à deux. Il manque l'étude de la face Régions-Espèces. On emploie d'abord **CateRowSum :**

Sum of variables by group			
Input file to be summed (Bin)	S•E/R	534	5
---*cat type file (Txt)	S•E*cat		
Selected categorical variable	2		
Output file (creation)	E/R		

La procédure 2.1.4 est appliquée en entier pour obtenir la figure 8.

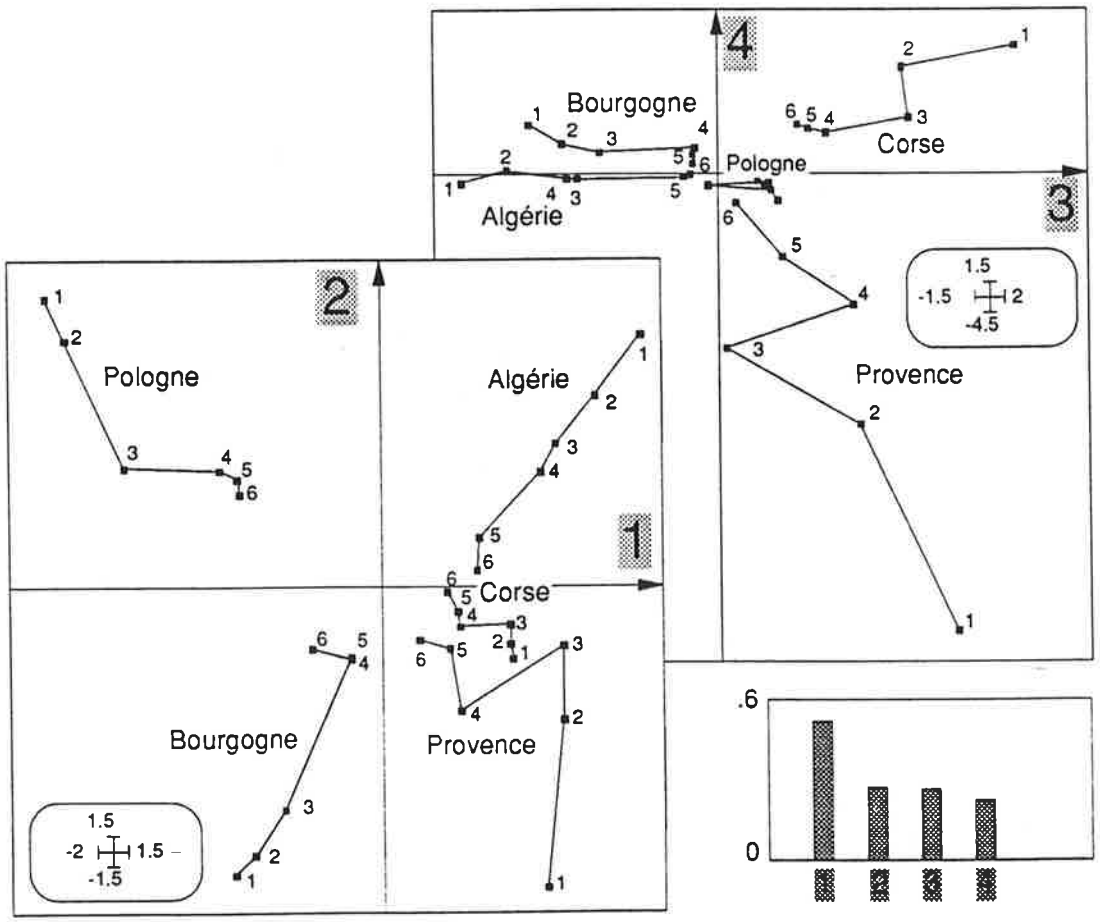


Figure 8 : Convergence des cortèges faunistiques régionaux en milieu forestier vue par l'analyse de la face Espèces-Régions du cube de données. Le phénomène est aussi sensible en milieu continental (F1<0 sur le facteur 2), qu'en zône méditerranéenne (F1>0 sur le sous-espace 2, 3, 4).

Le résultat est surprenant. La première valeur propre est prépondérante et renvoie aux deux compromis de la figure 6 (séparation du cortège faunistique méditerranéen). Mais les autres expriment l'originalité irréductible de chacun des cinq cortèges spécifiques et l'interaction de

de cette variabilité avec la stratification de la végétation. Les relevés forment cinq branches divergentes dans la direction des milieux ouverts. C'est exactement l'objectif poursuivi par l'article de Blondel & farré (op. cit.). Une des branches est moins longue que les autres, ce qui recoupe le rôle de l'insularité analysé dans Blondel & Coll. (op. cit.). On a ici un exemple rarissime d'analyse de données qui ne conduit pas à une réduction de dimension plus forte que celle qui est implicite dans la méthode choisie.

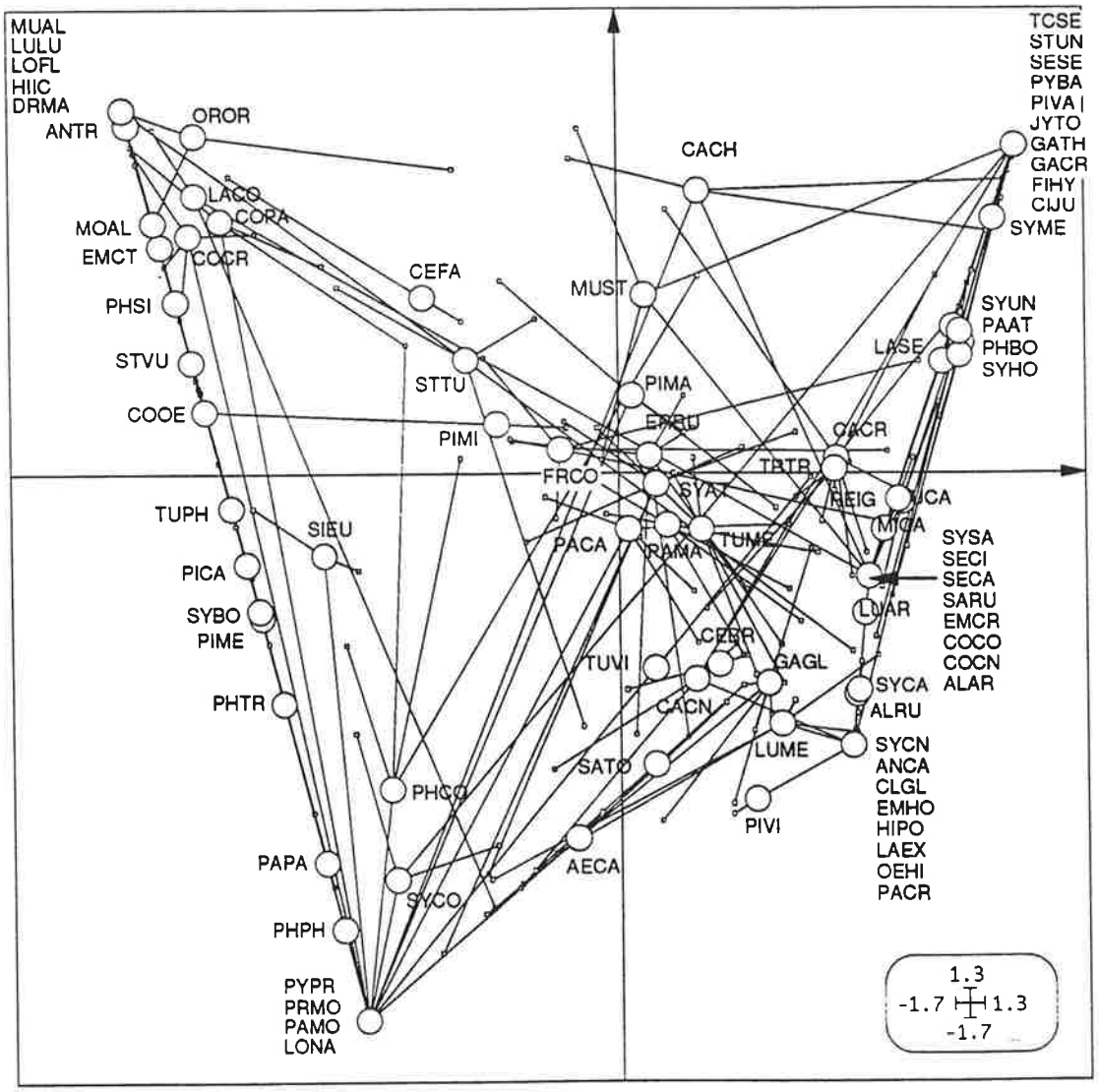


Figure 9 : Carte 1-2 des espèces dans l'analyse de la face Espèces-Régions du cube de données. Au centre les espèces présentes dans toutes les régions, à la périphérie les espèces présentes dans une ou deux régions. Le jeu des moyennes de moyennes alignent les taxons présents dans deux régions (à gauche Pologne et Bourgogne). Les espèces à la distribution inter-régionales la plus large (au centre) sont en majorité forestières ce qui place les gradients convergents de la figure 8.

La figure 9 illustre le même phénomène du point de vue des taxons. La variabilité du cortège faunistique est répartie entre les cinq régions et chaque région a son autonomie, son originalité par rapport à toutes les autres. La richesse de chaque région, sensiblement constante (respectivement 39, 45, 39, 39, 42), est inférieure à la moitié de la richesse totale (89). On compte resepctivement 5, 4, 8, 8 et 10 espèces présentes dans une seule région (soit un tiers des taxons).Nous pouvons alors faire un bilan des six analyses inter-classes associées au cube de données :

(Régions, Strates) - Espèces	R•S/E	Inter S	S/E+	B	(interaction S•R)
(Régions, Strates) - Espèces	R•S/E	Inter R	R/E+	A	(gradient permanent)
(Strates, Espèces) - Régions	S•E/R	Inter E	E/R+	A	(gradient permanent)
(Strates, Espèces) - Régions	S•E/R	Inter S	S/R+	C	(pas de structure)
(Régions, Espèces) - Strates	R•E/S	Inter R	R/S+	C	(pas de structure)
(Régions, Espèces) - Strates	R•E/S	Inter E	E/S+	B	(interaction S•R)

Les trois faces ont trois types de structures très différentes. Ces analyses des faces du tableau sont le premier pas vers la recherche des interactions d'ordre 3 (Cf. Beffy 1993*).

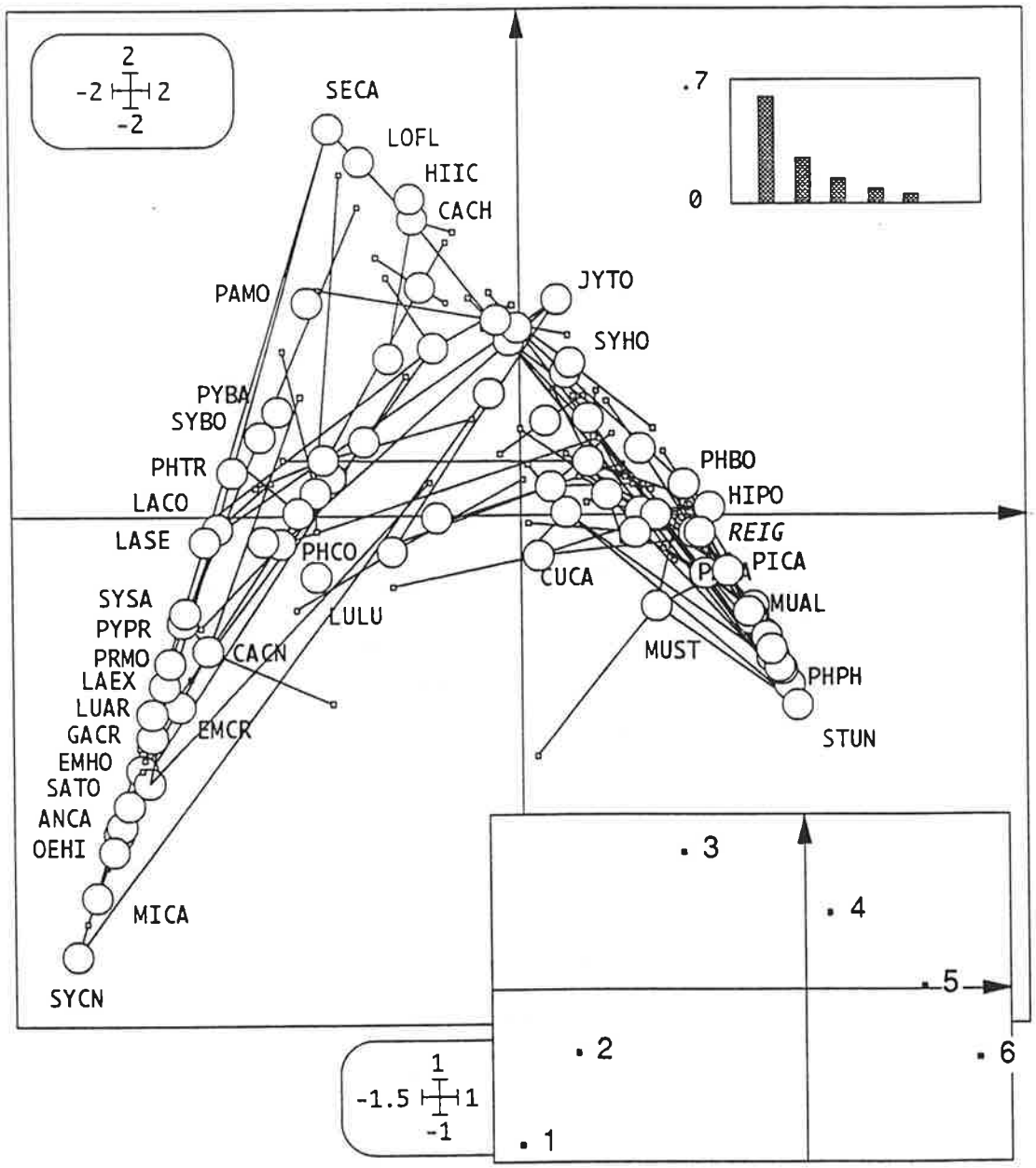


Figure 10 : typologie espèces-strates vue par l'AFC du tableau R•E/S très proche de la structure compromis du tableau R•S/E

3.2 Analyses simples

Les analyses des tableaux de base s'attacheront à étudier la variablité (entre les colonnes) d'une relation (entre les lignes qui font les deux autres modes). Il sera *a priori* très difficile de

préciser la pertinence de telles analyses. En effet l'analyse des tableaux de base élimine par centrage la marge du tableau. Cette marge est précisément l'une des faces du tableau. Quand la structure de cette marge est forte, l'éliminer peut enlever des données l'essentiel de l'information qui s'y trouve. Quand elle est faible, voir inexistante, c'est évidemment le contraire. Il est donc logique de commencer l'analyse d'un cube par ses faces.

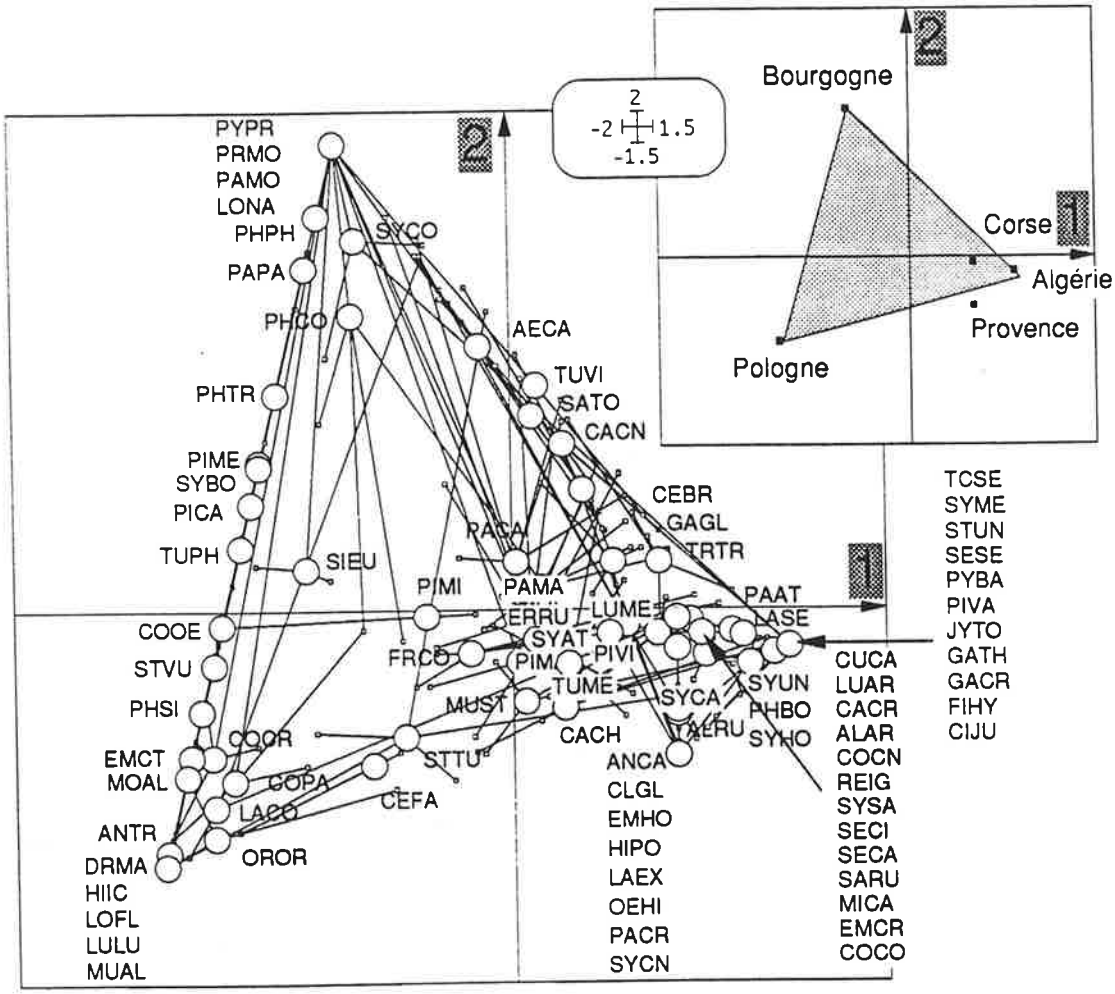


Figure 11 : Plan 1-2 de l'analyse simple du tableau S•E/R

Ici la marge Strates-Régions est sans intérêt. L'analyse du tableau (Régions, Strates) - Espèces (R•S/E) contient donc de l'information. Cette information peut être inter-régions (variation régionale du cortège faunistique), inter-strates (stratification du cortège faunistique sur le gradient de hauteur de la végétation). Elle peut encore concerner une variation simultanée ou une interaction. L'AFC est apte à enregistrer tous types de structure inter-colonnes qui seront plus ou moins difficiles à identifier, éventuellement à mélanger les genres, ce qui rend l'exercice de dépouillement parfois périlleux. C'est pourquoi Blondel & Farré utilise un plan 1-4 qui contient une partie de l'interaction strates-régions. L'analyse du tableau R•S/E mélange donc tous les éléments que nous venons de voir et elle est donc à déconseiller.

Par contre, la marge Espèces-Régions est très structurée. Elle contient toute la variabilité du cortège faunistique entre régions. L'analyse de R•E/S portera donc sur la relation entre les strates et les entités Espèces-Régions (variabilité entre strates dans les tableaux espèces-régions). Le centrage élimine la variabilité du cortège faunistique entre régions et on peut compter retrouver la relation espèces-Strates communes aux régions. L'analyse simple de R•E/S est consignée dans la figure 10, où l'on retrouve effectivement l'information connue : en toute région les espèces ont un profil écologique typé sur le gradient de hauteur de végétation. Si l'on s'en tient à cette seule analyse, une bonne part de l'information est perdue.

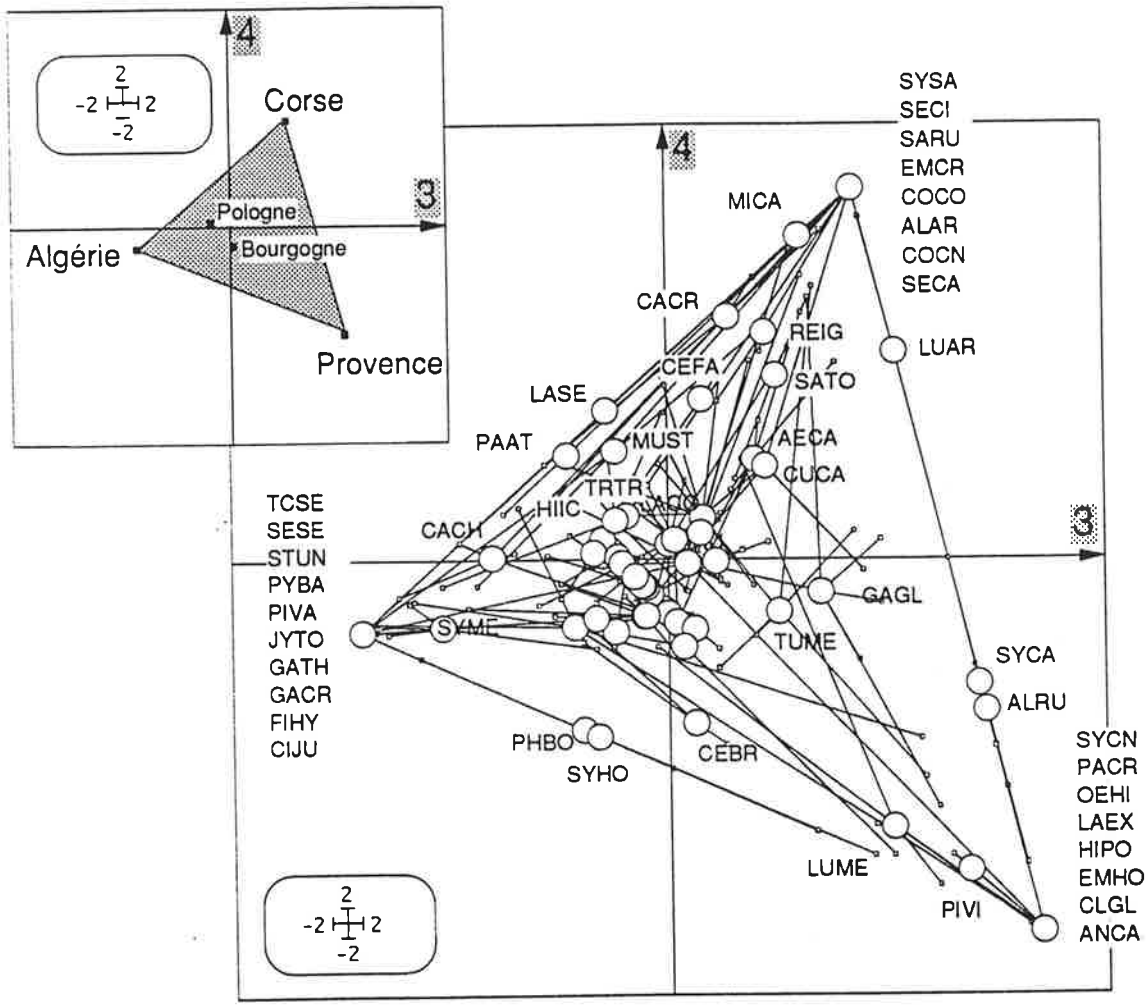
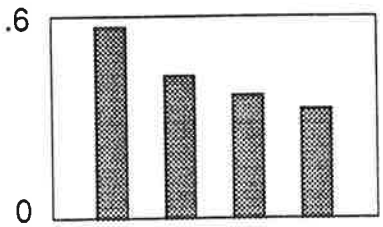


Figure 12 : Plan 3-4 de l'analyse simple du tableau S•E/R

Enfin, la marge Espèces-Strates est structurée. Elle contient le gradient commun. L'analyse de S•E/R n'en tiendra plus compte. Des différences entre régions des distributions espèces-strates (typologie réciproque), l'AFC peut retenir la variabilité entre espèces (sans tenir compte des strates : différences de richesse et d'abondance), entre strates (sans tenir compte des espèces : variations d'abondance pour plusieurs espèces dans certaines strates de certaines régions), entre couples espèces-strates (associations espèces-strates inversées suivant les régions). On peut donc observer le résultat.

On retrouve la présence de quatre dimensions dans les valeurs propres :



Les cartes factorielles sont consignées dans les figures 11 (plan 1-2) et 12 (plan 3-4). La séparation des cortèges faunistiques sous forme de représentations triangulaires est presque parfaite. On note une composante globale (Pologne/Bourgogne/Méditerranéen) et une composante méditerranéenne (Provence/Algérie/Corse) remarquable. Mais entre la double inter-classes implicite dans l'analyse de la face Espèces-Régions et l'analyse simple de S•E/R, on a perdu la dimension Strates-Régions. Celle-ci forme les trajectoires divergentes de la figure 9 et

est au centre du débat. Les configurations des points moyens par régions sur la figure 8, qui ne sont pas représentées, sont assez proches des configurations observées sur les figures 11 et 12. Mais la notion de trajectoires est, de beaucoup, plus informative. La séparation ne se fait pas par blocs mais par gradient divergeant. Il faut obtenir l'image équivalente pour les configurations des espèces des figures 11 et 12, d'autant plus que ces configurations sont limpides. Sur les figures 11 et 12 les espèces sont placées par les coordonnées de S•E/R.fcli, une seule étiquette étant placée à la moyenne des positions espèces-strates.

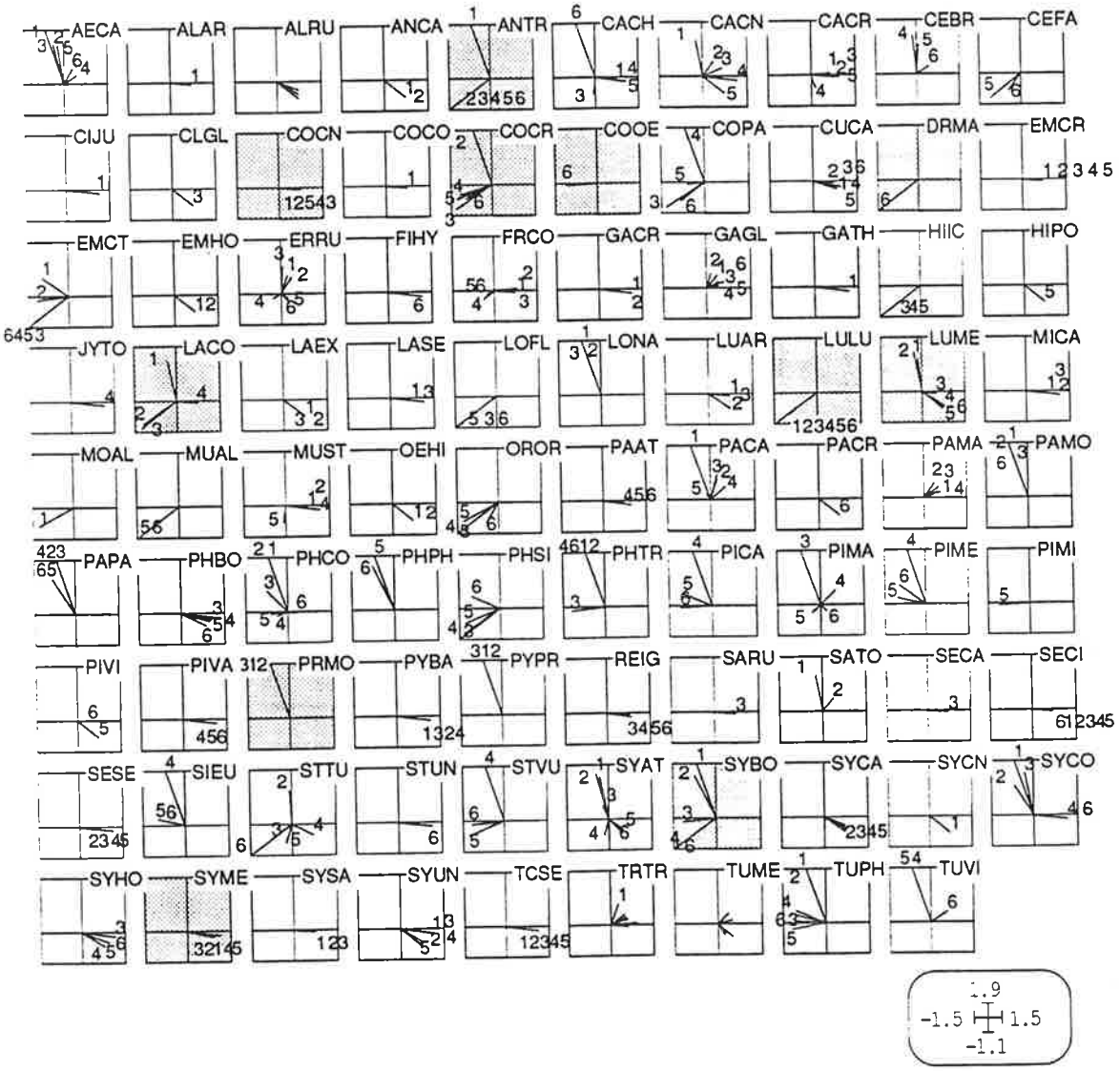


Figure 13 : Coordonnées des lignes de l'analyse de S•E/R (plan 1-2) repésentées par espèce.

3.3 Des analyses simples très particulières

La difficulté principale du dépouillement de l'AFC tient à sa nature de procédure applicable à tout tableau de nombres positifs ou nuls. La signification de cette procédure dépend du tableau et de ce qu'il contient. En ce sens il existe de multiples analyses des correspondances. L'observation est ici particulièrement vraie. En représentant dans les figures 11 et 12 les positions strates-espèces par des étoiles associées à chaque espèce, on utilise un procédé graphique qui laisse penser qu'il s'agit d'une sorte d'analyse inter-classe où une espèce est destinée à avoir plusieurs représentations aussi cohérentes que possible. Ce n'est pas le cas.

L'analyse positionne les régions (Cf. les deux triangles) pour optimiser la dispersion des points strates-espèces par averaging. Il n'est pas question *a priori* de rendre cohérentes les positions d'une même espèce pour les différentes strates. La figure 13 donne en détail les coordonnées des lignes de l'analyse de S•E/R par espèces (multifenêtrage) et par strates. Les points à l'origine (espèce absente d'une strate dans toutes les régions) ont été éliminés.

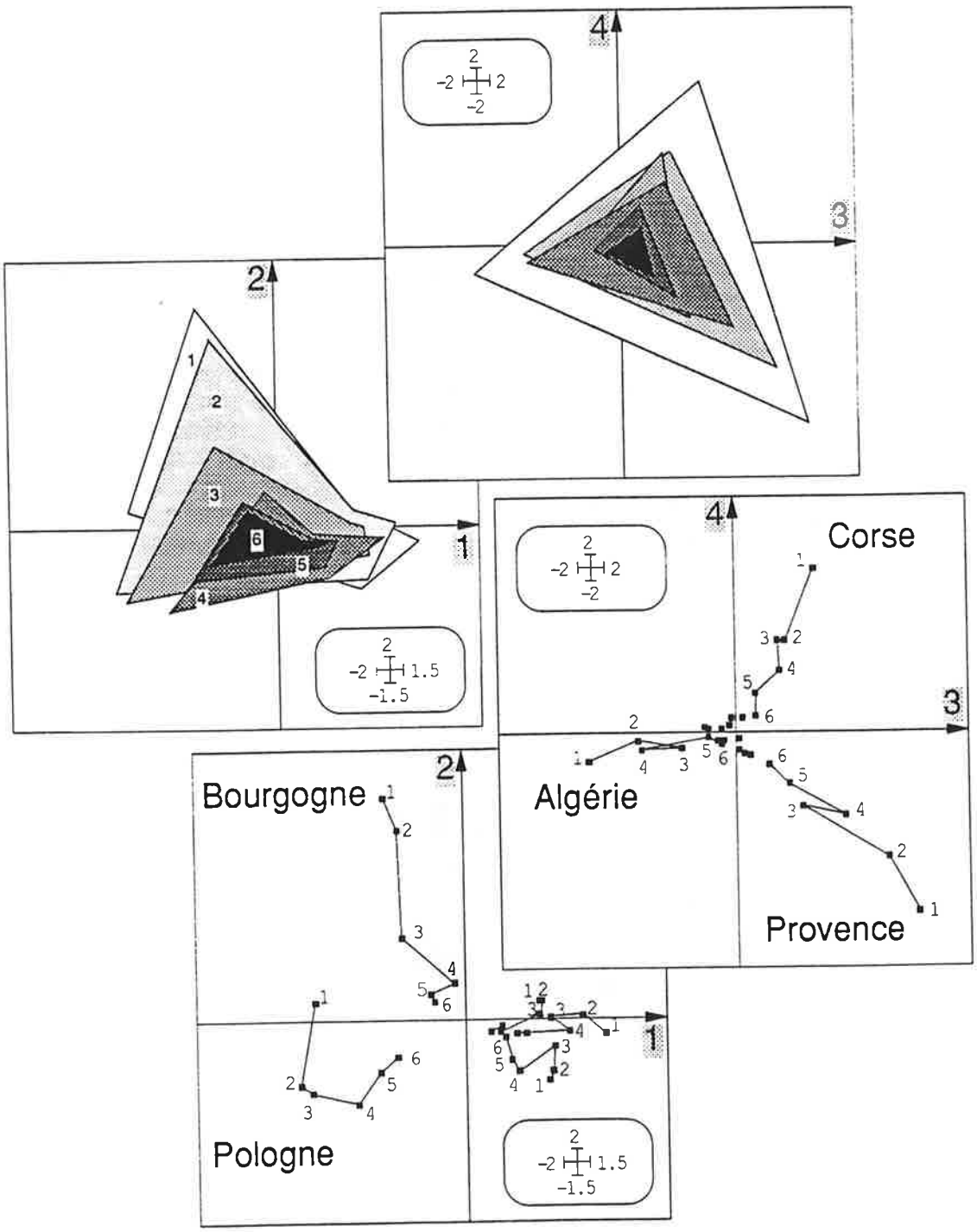


Figure 14 : Explicitation de la typologie des régions faite par les couples espèces-strates lors de l'analyse de S•E/R (Averaging partiel pour une strate et une région donnée). La typologie entre régions faite par le cortège avifaunistique a une intensité fonction régulière de la hauteur de la végétation.

On comparera fort utilement les figures 13 et 1. Les positions peuvent être concordantes ou ne pas l'être. Examinons quelques exemples :

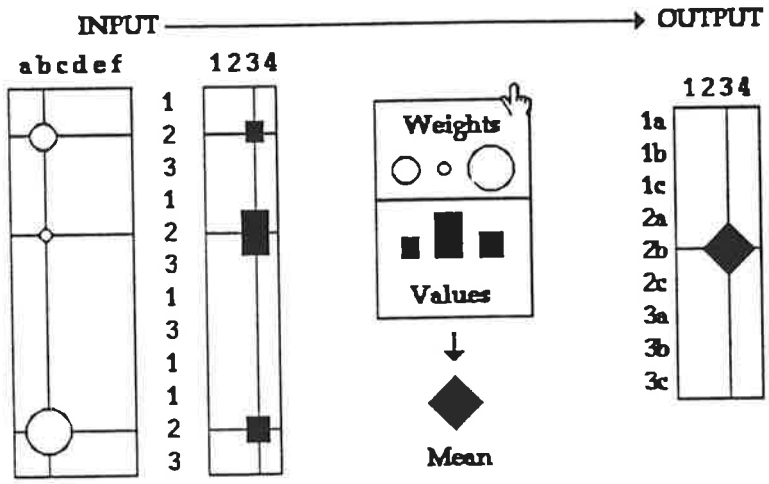
— DRMA (Pic noir) : présent dans la strate 6 de Pologne
— PRMO (Accentueur mouchet) : présente dans les strates 1,2 et 3 de Bourgogne
— SYME (fauvette mélanocéphale) : présente en zône méditérranéenne sauf en strate 6

sont des cas d'espèces indicatrices simples d'une région. Mais les cas d'interaction sont nombreux.

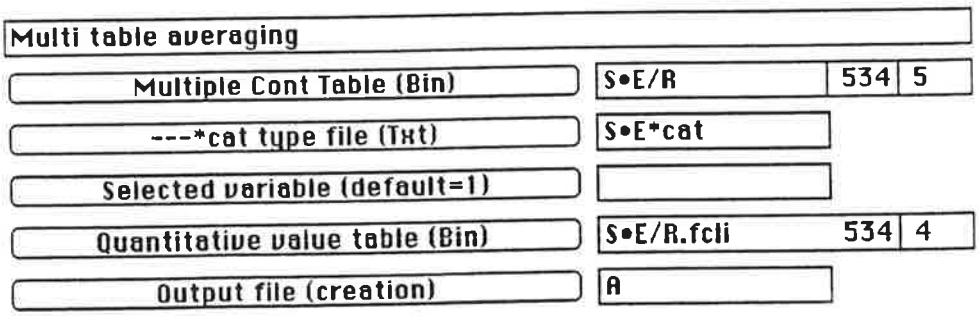
— ANTR (Pipit des arbres) présent en strates 2 à 6 en Pologne, en strate 1 en Bourgogne, absente ailleurs. Seul l'individu espèce-strate est pris en compte.
— LUME (Rossignol philomèle) en strate 2 distinguera la Bourgogne, en strate 3 à 5 caractérisera la Provence.
— SYBO (Fauvette des jardins) est absente en région méditérranéenne. En strate 1 et 2 elle "penche" du côté Bourgogne, en strates 3, 4 et 6 du côté Pologne.

Les espèces à distribution inter-régionale large auront par contre des positions proches de l'origine Dans le sens régions -> espèce-strate on a une relation d'averaging simple. Pour une strate donnée, une espèce donnée est un profil de répartition entre les 5 régions, ce qui définit une moyenne. Ces moyennes, pour une disposition des régions ont une variance et l'AFC maximise cette variance. On est dans un cas simple et traditionnel.

Dans l'autre sens les choses sont beaucoup plus compliquées mais le programme standard n'en dit rien. Quand on a un code espèce-strate et une région donnée, pour chaque espèce on peut moyenner les positions sur le profil strate, puis moyenner les positions obtenues sur le profil espèce. On peut aussi moyenner les positions sur le profil espèce (dans chaque strate) puis moyenner les positions obtenues sur la distribution inter-strates. Une double opération d'averaging conduit à une disposition des régions optimale, sans qu'on sache ce qui se passe au cours des deux averaging successifs. Le module **BlocRowMean** permet de préciser. Le principe est figuré sur la carte de documentation :



On peut s'en servir deux fois :



A a 30 lignes (Strates-Régions) et 4 colonnes (facteurs).

Multi table averaging			
Multiple Cont Table (Bin)	S•E/R	534	5
---*cat type file (Txt)	S•E*cat		
Selected variable (default=1)	2		
Quantitative value table (Bin)	S•E/R.fcli	534	4
Output file (creation)	B		

B a 445 lignes (Espèces-Régions) et 4 colonnes (facteurs). Pour se servir de ces fichiers il faut refaire (**Creat2Categ**) des fichiers d'indicatrices S•R et E•R. Il faut aussi refaire un code E•R_Code_Esp où l'étiquette de chacune des 89 espèces est dupliquée 5 fois sur 5 lignes consécutives (Utiliser Excel™ avec 5 colonnes identiques et remplacer avec Word™ les tabulations par des retours charriots).

L'utilisation de B indique clairement la part des différences inter-régionales qui reviennent simplement aux différences de cortèges faunistiques. Ce point est clair sur les figures 11 et 12 et il n'y a pas lieu d'y revenir. Par contre l'utilisation de A ne manque pas de nouveauté. On peut s'en servir pour positionner la typologie de régions faites dans chaque strate ou la typologie de strates faites dans chaque région (Figure 14).

On a une expression du seul fait que les cortèges faunistiques sont convergeants en milieux forestiers et divergeants en milieux ouverts. Le fait est exprimé avec une précision étonnante. La discussion de Blondel & Farré (op. cit.) n'en n'a que plus d'intérêt. La liaison entre régions et couples éspèces-strates est donc le lieu d'une inter-action forte. On se posera alors une dernière question : est-on sûr que la liaison entre strates et couple espèces-région ne pourrait-elle pas être le lieu d'une autre inter-action (les espèces aurait alors des profils écologiques variables entre régions). Pour la même question on utilise la même technique. On utilise encore **BlocRowMean** :

Multi table averaging			
Multiple Cont Table (Bin)	R•E/S	445	6
---*cat type file (Txt)	R•E*cat		
Selected variable (default=1)	1		
Quantitative value table (Bin)	R•E/S.fcli	445	3
Output file (creation)	C		

Le résultat est consigné dans la figure 15. On fera trois remarques.

Les gradients concordants ne sont pas strictement identiques. Celà est du en partie à la difficulté d'identifier les stratifications. En particulier la strate 4 d'Algérie est trop proche de la strate 3.

Si on met de côté cette particularité on retrouve deux parties (1-3) et (4-6) qui concordent bien avec les hypothèses de fonctionnement évolutif antinomique entre milieux ouverts et milieux fermés. Cette vision de deux gradients articulés est de plus conforme aux résultats des analyses de plusieurs ensembles de relevés (Chessel 1992*, p.49 et 59).

On peut enfin comparer les deux gradients qui ont fait l'objet des choix les plus motivés, ceux de Provence et de Corse (Blondel & Coll., op. cit.). La réduction d'amplitude des typologies faites en milieu insulaire est drastique. C'est une nouvelle image des modifications des structures de niches écologiques déjà discutée dans Blondel (1985*, p. 135-165) et examinées, au plan méthodologique, dans Yoccoz & Chessel (1988*) ou Chessel (1992* p.64-69).

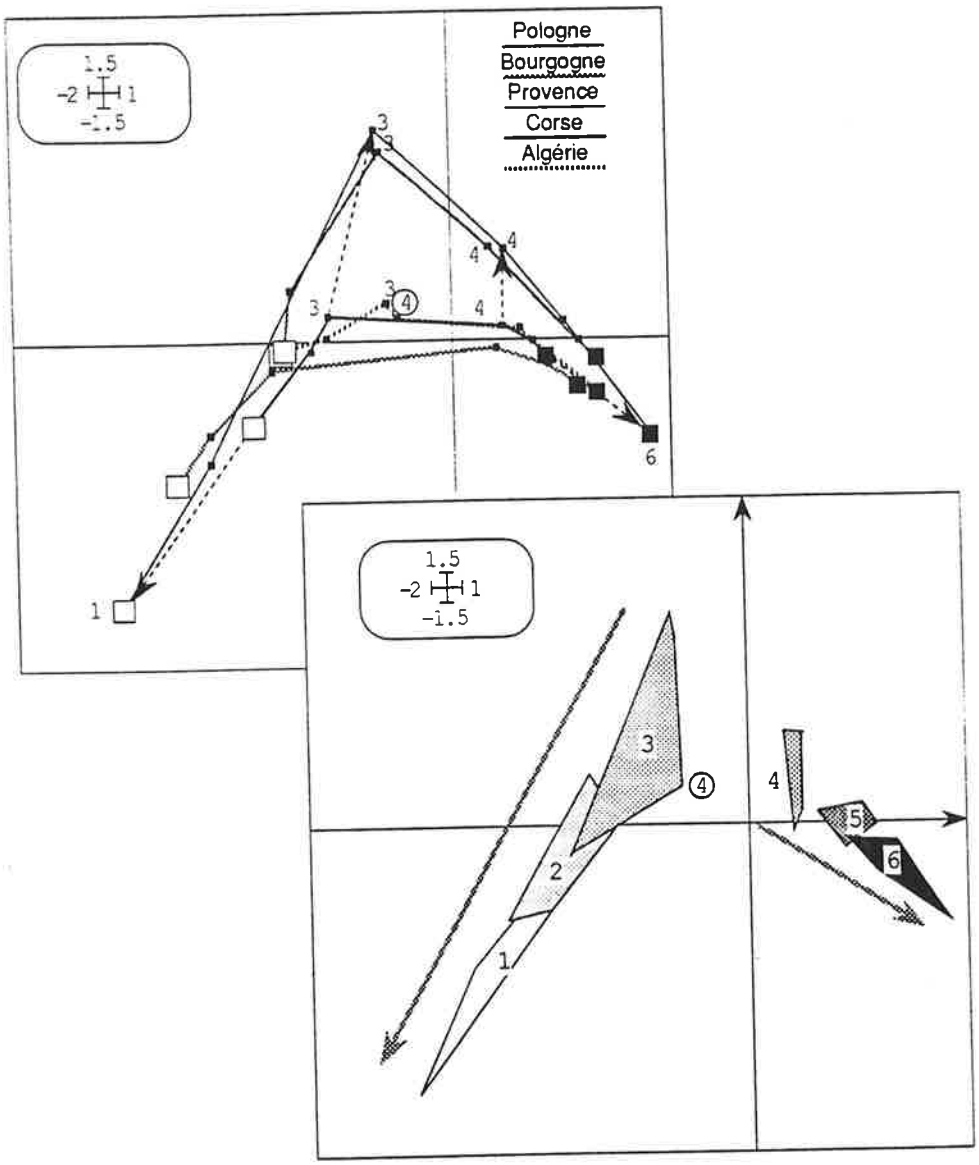


Figure 15 : Explicitation de la typologie des strates faite par les couples espèces-régions lors de l'analyse de R•E/S (Averaging partiel pour une strate et une région donnée). La typologie entre strates faite par le cortège avifaunistique a une intensité fonction de la région : elle est en particulier beaucoup plus intense en Provence qu'en Corse.

On notera, en conclusion, que les 6 analyses de base, respectivement les analyses des trois faces (Espèces-Strates sommées par Régions, Espèces-Régions sommées par Strates, Strates-Régions sommées par Espèces) et les analyses des trois familles de tableaux juxtaposées (Espèces⊗Régions/Strates, Espèces⊗Strates/Régions, Strates⊗Régions/Espèces) présentent une grande diversité de formes des résultats. Il n'y a, par essence, aucune contradiction; entre ces approches, mais plutôt la necessité de réunir les éléments obtenus dans une vision synthétique. Avec un cube de données, on peut accéder à des formes d'interaction subtiles entre états (moyennes) et structures (variance, amplitude, typologie), ce qui invalide totalement les remarques souvent faites sur les limites "congénitales" des méthodes linéaires.

On regrettera encore que l'on parle de L'analyse des correspondances, tant la plasticité de la procédure de base (le programme) génère de multiples possibilités de réponses sur des structures particulières de données. Il n'y a certainement pas de "bonnes" et de "mauvaises" analyses, mais simplement des résonnances fortes ou faibles entre des éléments théoriques (le plus souvent cachés) et des éléments expérimentaux. La recherche de ces résonnances est le propre de l'analyse exploratoire des données, vue comme partie de la démarche expérimentale.

Beffy, J.L. & Doledec, S. (1991) Mise en évidence d'une typologie spatiale dans le cas d'un fort effet temporel : un exemple en hydrobiologie. Bulletin d'Écologie : 22, 169-178.

Blondel, J. (1985) Biogéographie évolutive. Masson, Paris. 1-221.

Blondel, J. & Farre, H. (1988) The convergent trajectories of bird communities along ecological successions in european forests. Œcologia (Berlin) : 75, 83-93.

Chessel, D. (1992) Echanges interdisciplinaires en analyse de données écologiques. Mémoire d'habilitation. Université Lyon 1. 1-108.

Escoufier, Y. (1973) Le traitement des variables vectorielles. Biometrics : 29, 750-760.

Escoufier, Y. (1977) Operators related to a data matrix. In : Recent developments in Statistics. Barra, J.R. & Coll. (Eds.) North-Holland. 125-131.

Escoufier, Y., Lavit, Ch. & Traissac, P. (1992) The ACT (Statis method). Computational Statistics and Data Analysis : Special Issue (in press).

Foucart, T. (1978) Sur les suites de tableaux de contingence indexés par le temps. Statistique et Analyse des données : 2, 67-84.

Foucart, T. (1984) Analyse factorielle de tableaux multiples. Masson, Paris. 1-185.

Glaçon, F. (1981) Analyse conjointe de plusieurs matrices de données. Comparaison de différentes méthodes. Thèse de 3° cycle, Université de Grenoble. 1-73.

Lavit, Ch. (1988) Analyse conjointe de tableaux quantitatifs. Masson, Paris. 1-240.

Robert, P. & Escoufier, Y. (1976) A unifying tool for linear multivariate statistical methods : the RV coefficient. Applied Statistics : 25, 3, 257-265.

Yoccoz, N. & Chessel, D. (1988) Ordination sous contraintes de relevés d'avifaune : élimination d'effets dans un plan d'observations à deux facteurs. Compte rendu hebdomadaire des séances de l'Académie des sciences. Paris, D : III, 307 : 189-194.

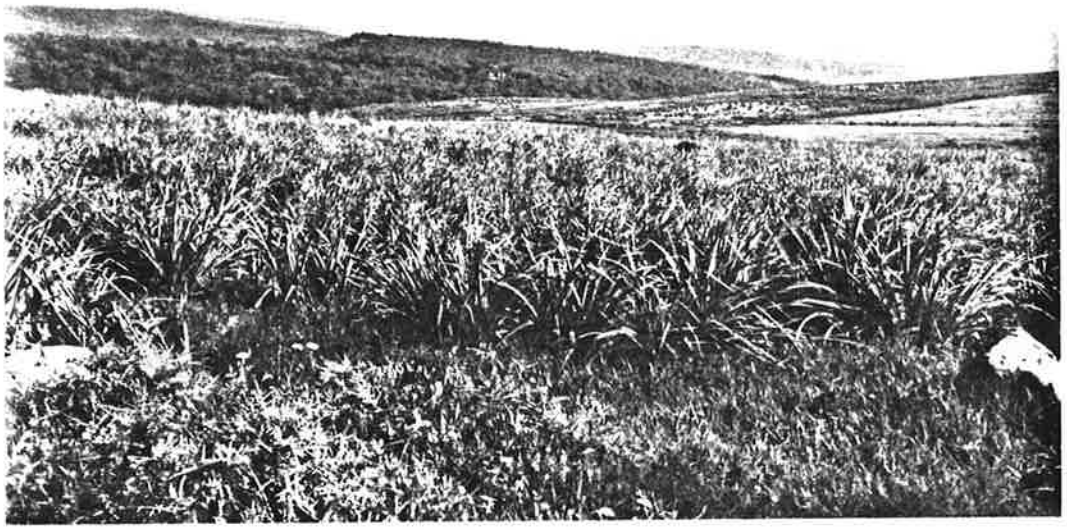


Figure 1 : Pelouse à *Asphodelus micr ɔcarpus* sur sol marneux.



Photo 2 : Maquis bas à *Cistus sp.* et *Chamaerops humilis.*



Photo 3 : Maquis moyen à *Pistacia lentiscus.*



Photo 4 : Maquis haut à *Pistacia lentiscus* et *Quercus coccifera*



Photo 5 : Maquis à strate arborée claire de *Quercus suber.*

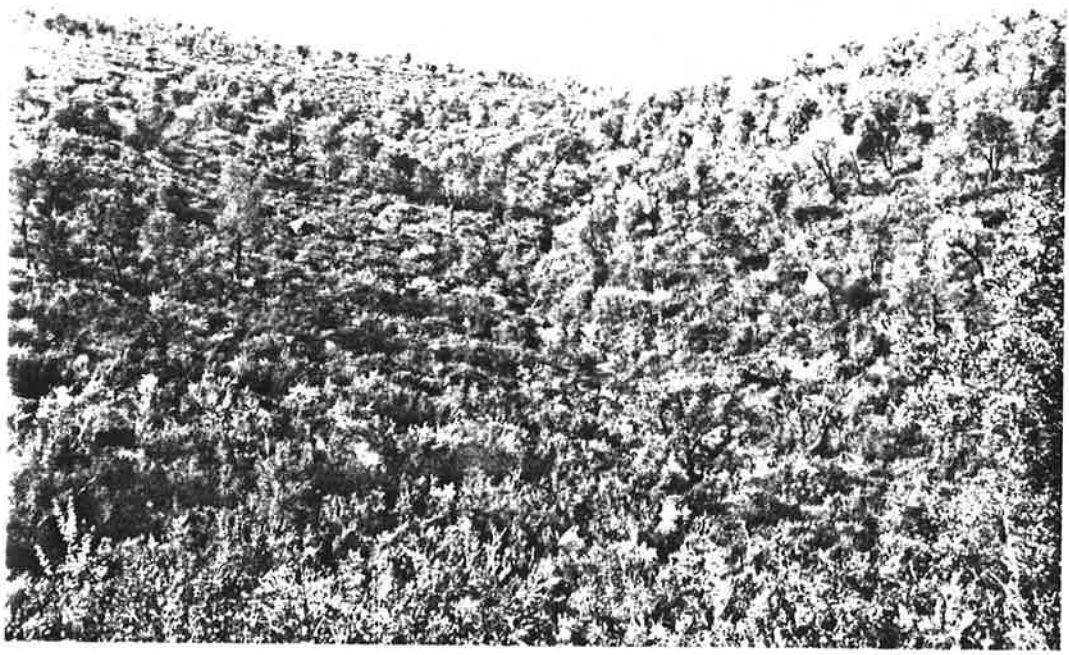


Photo 6 : Maquis à strate arborée dense de *Quercus suber.*



Photo 7 : Subéraie avec sous-bois.



Photo 8 : Subéraie sans sous-bois. (Djebel Ghorra)



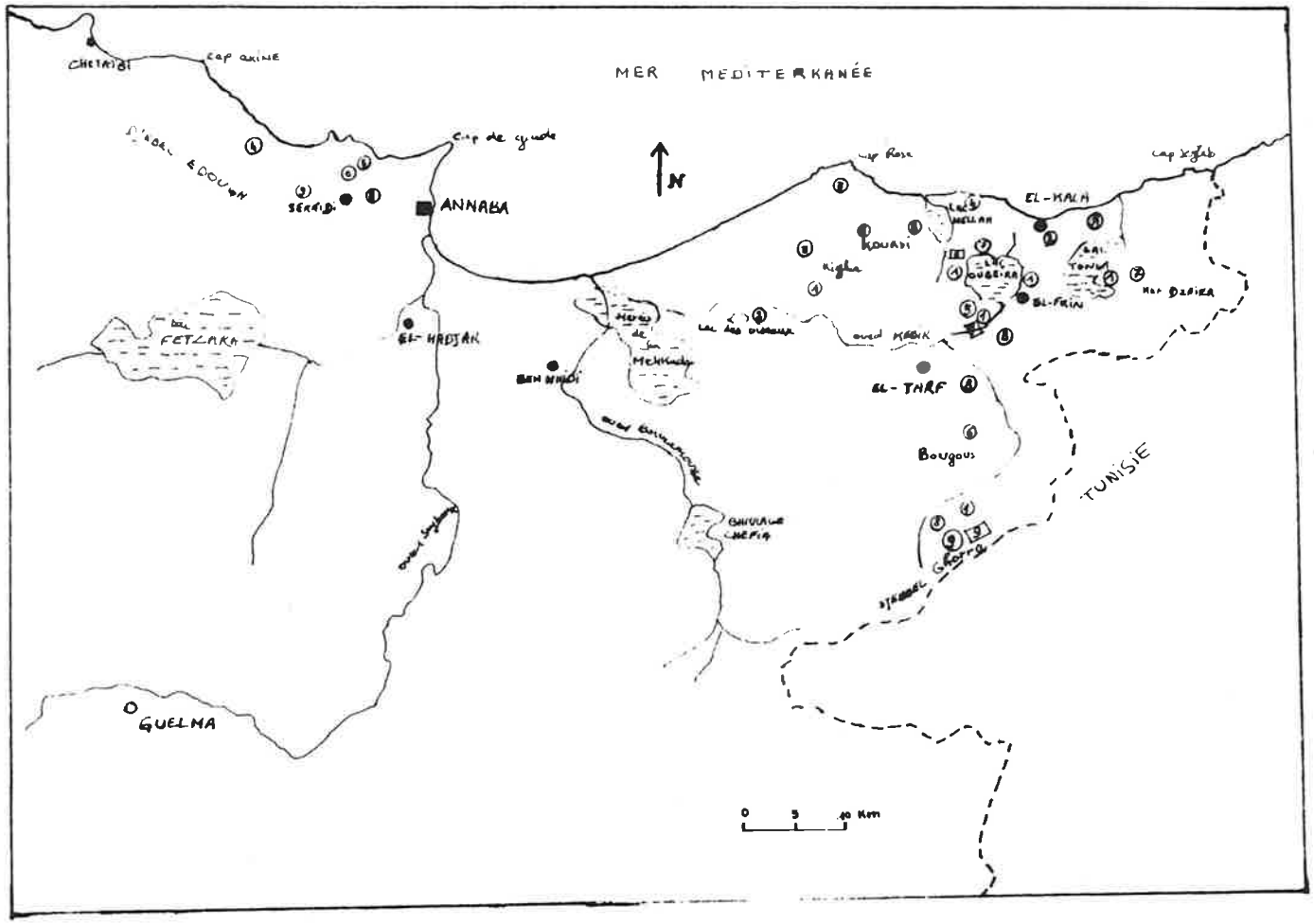
Photo 9 : Chênaie caducifoliée à *Quercus faginea.* (Djebel Ghorra)



Photo 10 : Pineraie à *Pinus pinaster.*



Photo 11 : Eucalyptaie à *Eucalyptus camaldulensis* et *Eucalyptus globulus.*



CARTE DE LOCALISATION DES SITES D'ECHANTILLONNAGE.

Les cercles identifient les sites échantillonnés par I.P.A; les numéros et lettres inscrits identifient le type de milieu. 1:Pelouses; 2:Maquis bas; 3:Maquis moyen; 4:Maquis haut; 5:Maquis à strate arborée claire; 6:Maquis à strate arborée dense; 7:Subéraie à sous-bois; 8:Subéraie sans sous-bois; 9:Zénaie; A:Pineraie à Pin maritime; B:Eucalyptaie.

Les rectangles identifient les sites échantillonnés par cartographie des territoires. Les numéros renvoient aux types de milieu.

acni
alba
coco
tusy
copa
sttu
cuca
clgl
stal
otsc
coga
upep
pivi
pima
pimi
jyto
cabr
gacr
gath
alar
luar
anca
mofl
pyba
tcse
lase
trtr
tuvi
tume
oehi
sato
dimo
lume
erru
cega
ciju
hipo
hipa
syat
syho
syco
sycn
syme
syca
syun
phco
phbo
reig
must
fihi
pama
paca
paat
cebr
mica
emci
emcr
cocr
cach
cacr
cacn

sese
locu
frco
pepe
pado
stun
oror
cocx
gagl.

Code des espèces (cf. pages 60 et 61) dans l'ordre d'écriture des données brutes I.P.A.

Reporter la même liste pour chaque tableau et lire les données correspondant à chaque espèces.

En colonne: les 20 relevés par milieu.

En ligne: les 70 espèces.

Code des tableaux: 1:Pelouses.
2:Maquis bas.
3:Maquis moyen.
4:Maquis haut.
5:Maquis à strate arborée claire.
6:Maquis à strate arborée dense.
7:Subéraie à sous-bois.
8:Subéraie sans sous-bois.
9:Zénaie.
A:Pineraie à Pin maritime.
B:Eucalyptaie.

ok!

1	5	10	15																	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1.0	3.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	X
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2																			
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ok

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3				5						10					15				
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.5	1.5	2.0	0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.5	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.5
1.0	0.5	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	1.0	1.0	0.5	1.0	2.0	1.0	1.0	1.5	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
1.0	0.5	1.5	0.0	2.0	1.0	1.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.5	0.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-4.0	4.0	4.5	4.0	4.0	3.5	4.5	3.5	4.0	4.5	4.5	4.5	3.5	4.0	5.0	2.0	4.0	3.5	3.0	3.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
0.0	0.0	1.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.0	0.0	0.0	1.0	2.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	0.0	1.5	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.5	1.0

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
4 OK!
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 2.0 1.0 1.0 1.0 2.0 1.0 1.0 0.0 0.0 1.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
1.0 1.0 1.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 1.0 1.0 1.0 0.0 1.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 1.0
0.0 0.0 0.0 2.0 1.0 0.0 1.0 0.0 1.0 1.0 0.0 1.0 0.0 1.0 0.0 1.0 1.0 0.0 1.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.5 0.0 0.0 0.5 0.0 0.0 0.0 0.0
2.0 3.0 2.0 3.0 2.5 3.0 1.0 3.0 2.5 2.0 2.0 3.0 3.0 2.0 3.0 1.0 1.5 1.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
2.0 1.5 1.0 0.5 1.5 1.0 1.5 1.5 2.0 0.5 1.5 1.5 1.5 1.0 0.0 0.5 0.0 0.5 0.0 1.5
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
1.0 0.0 1.0 3.0 1.0 1.0 2.0 1.0 2.0 1.0 2.0 2.0 1.0 1.0 2.0 1.5 3.0 0.0 1.0 2.0
0.5 2.0 1.5 0.0 0.0 0.0 0.0 2.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.5
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
1.0 3.0 2.0 1.0 2.0 1.0 3.0 1.0 2.0 1.0 1.0 0.0 2.0 0.5 2.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0
2.0 2.0 2.0 0.0 0.0 1.0 2.0 0.0 1.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
3.0 2.0 3.5 5.0 3.5 3.0 4.5 3.5 3.5 2.0 2.5 3.0 3.0 3.5 3.5 3.0 3.5 2.0 1.5 2.5
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
1.0 0.0 0.0 0.0 1.5 0.0 1.0 1.0 0.5 1.0 1.5 0.5 0.0 0.5 0.0 0.0 0.5 0.0 1.5 0.0
1.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
2.0 0.0 1.0 1.0 1.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
1.0 1.0 2.0 0.0 1.0 0.0 1.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 0.5
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 1.0 2.0 0.0 2.0 0.0 0.0 0.0 1.0 2.0 2.0 1.0 0.5 1.0 0.5 1.0 0.0 0.0 0.5 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 0.0 0.0 1.0 0.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.5 0.5 0.0
0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 1.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 0.0 0.5 0.0 0.5 1.0 0.5 2.5 0.0 1.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	1.5	1.0	2.0	1.5	1.0	2.0	2.0	1.0	1.5	1.5	0.0	0.5	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

OK!

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.5	2.0	1.0	0.0	0.0	0.5	2.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.5	0.0	1.0	2.0	1.0	1.0	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0
0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.0	4.0	3.5	3.0	3.5	3.0	4.0	5.5	3.5	3.0	4.0	5.0	4.5	4.5	5.0	2.0	3.0	2.0	1.0	2.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	2.0	2.5	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	1.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.5	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.5	1.5	2.0	1.5	2.0	1.0	1.0	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	2.0	0.0	0.5	1.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.5	0.5	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	1.0	2.0	2.0	1.0	0.0	0.5	0.5	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	2.0	0.0

0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	1.5	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	1.0	1.5	1.5	2.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.5	1.5	2.0	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

6

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.5	1.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	2.0	3.0	1.0	2.0	0.0	0.0	1.0	2.0	1.0	3.0	3.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.5	1.0	1.0	0.5	0.0	1.5	0.5	1.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	1.0	1.0	2.5	1.0	2.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.5	0.0	0.0	1.5	0.5
1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.0	5.0	5.5	5.5	4.0	4.5	5.0	3.5	5.0	5.5	3.0	3.0	2.0	2.5	3.5	4.5	3.5	2.5	3.5	3.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	1.5	1.5	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	1.0
1.0	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	0.5	0.5	0.0	4.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.5	3.0	2.0	2.5	2.0	3.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.5	0.0	1.5
0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	0.0	0.0	1.0	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	1.0	0.0	1.5	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

2.0	0.0	1.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1.0	1.0	1.0	2.0	0.0	2.0	1.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0
1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.5	0.5	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	2.0	2.5	1.5	1.0	2.0	2.0	0.0	2.5	0.0	2.0	1.5	2.0	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.0	1.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	0.0	1.0	2.5	0.0	2.5	3.0	2.0	3.0	3.5	2.0	3.0	3.5	4.0	2.0	0.0	1.0	2.0	2.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.5	0.0	2.0	0.0	1.0	2.5	1.0	1.5	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	1.0	0.0	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	2.0	2.0	0.0	1.0	2.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.5	4.5	4.0	2.5	2.5	4.0	3.0	4.5	2.0	3.0	3.0	3.0	2.0	3.5	3.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
0.0	1.0	0.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	1.5	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.5	1.0	0.5	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9																			
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.5	1.0	1.0	2.0	1.0	0.0	0.5	0.0	1.0	1.5	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.5
1.0	0.5	0.0	0.5	0.0	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	0.0	1.5	0.0	1.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.5	2.0	3.0	3.5	2.0	1.5	2.5	2.0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	3.0	1.0	2.5
1.5	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0
2.5	1.5	2.5	2.0	2.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.5	1.5	2.0	2.5	1.5	1.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.5	5.0	2.0	3.0	4.0	1.0	2.0	1.5	3.5	2.5	3.0	1.0	2.5	2.0	2.0	2.5	3.0	2.5	3.0	2.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	1.0	3.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	1.0	1.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	2.0	1.0	2.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	1.0	2.0	0.0	1.0	1.0	1.5	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	1.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	1.0
0.5	1.5	3.0	2.0	0.0	2.5	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.5	2.0	1.0	2.0	1.5	1.5	0.0	2.0	1.0
3.0	4.5	2.0	1.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.5	3.0	1.5	2.0

1.0	2.0	3.0	3.0	2.0	2.0	1.5	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	4.0	2.0	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5
2.5	3.0	2.0	2.0	2.0	3.0	1.0	1.0	2.0	2.0	3.0	3.0	1.0	3.0	1.5	2.0	1.5	1.5	2.0	3.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.5	1.0	0.5	2.0	1.5	2.0	0.5	0.5	1.0	0.0	2.5	2.0	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5	0.0	2.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	2.0	1.5	1.0	1.5	2.0	0.5	1.0	1.5	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	2.0	2.0	0.0	2.0	1.0	1.5
A												OK!							
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	2.0	2.0	0.0	0.5	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0	3.0	2.0	2.0	3.0	2.0	0.0	2.0	0.5	0.0	3.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	2.0	2.0	1.5	1.0	1.5	0.5	2.5	3.5	1.0	0.5	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	3.0	3.0	1.0	1.5	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0
0.0	1.5	1.5	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5	1.5	2.0	0.0	1.0	0.5	0.0	0.0	3.0	2.0	2.0	2.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.0	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	3.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.5	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	2.0	2.0	1.0	2.0	1.5	3.5	2.5	1.0	3.0	2.0	3.5	3.0	2.0	3.0	2.0	1.0	2.0	1.5	1.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	1.0	0.0	2.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	0.0	1.0
1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

1.5	0.5	2.5	1.0	1.5	0.0	0.5	1.0	1.5	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.0	0.5	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.5	1.5	2.0	1.5	2.5	3.0	4.0	2.0	3.5	2.0	4.0	3.0	4.0	2.5	2.0	1.5	1.0	2.0	1.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.0	2.0	1.5	1.5	3.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	0.5	2.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.5	2.5	2.5	1.0	2.0	1.5	3.0	1.5	1.5	3.0	2.5	3.0	3.0	3.5	3.0	2.5	2.0	3.0	3.5	3.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

B

0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	0.5	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	2.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	4.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

0.0	0.5	0.5	1.0	0.0	1.0	1.0	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.5	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.5	0.5	0.0
0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.5	0.0	0.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.0	1.5	1.0	1.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.5	1.0
0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	3.0	2.0	2.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.0	0.5	1.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.0	0.5	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.0	4.0	3.0	2.0	2.0	1.5	2.0	2.0	1.5	1.5	0.5	1.0	1.0	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	0.5	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

RESUME

220 relevés par I.P.A. complétés par 3 dénombrements par cartographie des territoires ont été réalisés dans une succession de végétation de la série du Chêne liège ainsi que dans des reboisements de Pin maritime et d'Eucalyptus, dans la région d'Annaba - El-Kala (nord-est algérien).
Les résultats obtenus font ressortir une nette différence entre la perception à priori du phénomène successionnel, à travers la vision qu'en a le forestier ou le phytoécologue, et qui nous a conduit à une stratification fine du milieu, et la perception de l'avifaune qui a révélé une indifférenciation de certains milieux, notamment les maquis. Cette indifférenciation est due à la grande amplitude d'habitat des espèces.

L'analyse de la dynamique de l'avifaune le long de la succession, a permis de mettre en évidence 2 gradients : un gradient milieux ouverts (maquis) - milieux fermés (forêts) et, au sein des forêts, un gradient forêts de plaine-forêts d'altitude.
La comparaison de la succession algérienne avec 4 successions européennes, a révélé une grande similitude des avifaunes des stades mûrs des 5 successions et une originalité des avifaunes des stades jeunes. Ce phénomène est en rapport avec l'histoire de la mise en place des avifaunes dans le bassin méditerranéen.
Nous avons discuté par ailleurs quelques arguments qui nous ont permis de mettre en évidence un syndrome d'insularité biologique au Maghreb.

Mots clés : Avifaune - Algérie - El-Kala - Succession - Chêne liège - Indice Ponctuel d'Abondance - Quadrats -Ecologie - Biogéographie -Insularité.