



COURRIER SCIENTIFIQUE

DU PARC NATUREL REGIONAL DE LA FORET D'ORIENT



1997

n° 21

**SYNDICAT MIXTE POUR L'AMÉNAGEMENT ET LA GESTION
DU PARC NATUREL RÉGIONAL DE LA FORÊT D'ORIENT**



COURRIER SCIENTIFIQUE
DU PARC NATUREL RÉGIONAL
DE LA FORÊT D'ORIENT

1997 - N° 21

MAISON DU PARC - 10220 PINEY (FRANCE) - TÉL. 03.25.43.81.90

SOMMAIRE

– Les Amphibiens du Parc naturel régional de la Forêt d’Orient.

V -Phénomènes migratoires au sein du Parc et en Mesnil 1 (campagne 1995),
premières analyses uni et multivariées.

Michel THIREAU, Jean-Christophe DORÉ, Stéphane BELLENOUE,
Kristina BERTRAM, et Mathias PETIT. p 7

– Evaluation des densités de pics nicheurs du massif de la Forêt d’Orient (Aube)

Bruno FAUVEL, Gérard BALANDRAS, Francis CARRE p 51

Couverture : Triton alpestre mâle - *Triturus alpestris* - (Laurenti, 1768)
Photo Pascal BOURGUIGNON

COMITÉ SCIENTIFIQUE DU PARC NATUREL RÉGIONAL DE LA FORÊT D'ORIENT

Créé le 3 juin 1978 à l'initiative de l'Association des amis du Parc, le Comité scientifique intègre, en 1983, les structures du Syndicat mixte. Le Comité scientifique du Parc, rassemblant des personnalités des sciences naturelles et des sciences humaines, a pour missions :

- d'éclairer les décisions ou les avis du Syndicat mixte, à sa demande, en tant que conseiller technique, pour tout projet important dans la zone Parc, l'animation scientifique, la protection du milieu naturel ou la sauvegarde des richesses spécifiques ;
- de coordonner les études et d'assurer la publication des travaux scientifiques ;
- de concourir à la réalisation des programmes pédagogiques ayant le Parc pour support ;
- de favoriser les actions et programmes de recherche pouvant s'appuyer sur le territoire du Parc.

COURRIER SCIENTIFIQUE DU PARC NATUREL REGIONAL DE LA FORET D'ORIENT

Depuis 1971, le Courrier scientifique du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient publie les travaux réalisés dans le domaine des sciences naturelles et humaines sur le territoire du Parc. C'est aussi une tribune et un outil de communication pour les membres du Comité scientifique. C'est enfin le lien indispensable entre scientifiques et gestionnaires.

COMPOSITION DU COMITÉ SCIENTIFIQUE DU PARC NATUREL RÉGIONAL DE LA FORÊT D'ORIENT

Président :

THIOLLAY (Jean-Marc)
Directeur de recherches au CNRS
Laboratoire d'Ecologie
Ecole normale supérieure
46, rue d'Ulm - 75230 Paris Cedex 05

Vice-Président :

TOMASSON (Raymond)
Président de la Société Archéologique de l'Aube
Le Grand Tertre - 10390 Clérey

Membres de droit :

GALLEY (Robert)
Ancien Ministre. Député
26, rue du Général de Saussier - 10000 Troyes

PINCAUT (Annie)
Membre de l'Association des amis du Parc
Rue du Général de Gaulle
10500 Lesmont

Membres :

COLLETE (Claude)
Président de l'Association Géologique Auboise
11, rue du 11 novembre - 10300 Sainte Savine

GUITTET (Jean)
Maître de conférences
Laboratoire d'Ecologie végétale
Université Paris-sud Orsay
91405 Orsay Cedex

LEBLANC (Pascal)
Président du Groupe entomologique champenois
7, rue du Maréchal Leclerc
10600 La Chapelle St Luc

METAYE (Roger)
Membre correspondant du Muséum national
d'Histoire naturelle
307, rue du Faubourg Croncels
10000 Troyes

RIOLS (Christian)
Membre de la Ligue pour la Protection des
Oiseaux - Champagne-Ardenne
51340 Trois Fontaines l'Abbaye

ROCHE (Michel)
Professeur agrégé d'Histoire
10500 Petit Mesnil

RONDET (Pierre)
Maître de Conférences
Laboratoire de Biologie végétale
Université Pierre et Marie Curie
Quai St. Bernard - 75005 Paris

ROYER (Jean-Marie)
Professeur agrégé de Sciences naturelles
Docteur en botanique
42 bis, rue Mareschal - 52000 Chaumont

THIREAU (Michel)
Professeur
Laboratoire de zoologie (Reptiles et Amphibiens)
Muséum national d'Histoire naturelle
25, rue Cuvier - 75005 Paris

VIETTE (Pierre)
Professeur honoraire
Ancien président du Comité scientifique
10200 Montier en l'Isle

YON (Daniel)
Laboratoire d'Evolution des systèmes
naturels et modifiés
Muséum national d'Histoire naturelle
36, rue Geoffroy St. Hilaire - 75005 Paris

Membres associés :

FAUVEL (Bruno)
Naturaliste
10200 Couvignon

MAILLARD (Michel)
Président de l'AGURNA
30, bd Victor Hugo - 10000 Troyes

**LES AMPHIBIENS DU PARC NATUREL RÉGIONAL DE LA FORÊT
D'ORIENT. V- PHÉNOMÈNES MIGRATOIRES AU SEIN DU PARC
ET EN MESNIL¹ (CAMPAGNE 1995) PREMIÈRES ANALYSES UNI ET MULTIVARIÉES.**

par

Michel THIREAU*,
Jean-Christophe DORE**,
Stéphane BELLENOUE,
Kristina BERTRAM,
et Mathias PETIT.

*«Le mérite du calculateur étant de découvrir
sans parti pris, sans a priori, quels courants
de lois traversent l'océan des faits.»
Benzécri (1973: III).*

I.- INTRODUCTION :

La question des mécanismes profonds des phénomènes migratoires des animaux est, actuellement encore, loin d'être parfaitement comprise. Si des facteurs explicatifs externes et internes sont clairement identifiés, leur intensité et la nature de leurs relations sont loin d'être comprises chez nombre d'espèces.

En ce qui concerne les Amphibiens, les relevés qualitatifs des migrations jalonnent l'ensemble de la littérature scientifique depuis les premiers naturalistes, mais ce n'est qu'avec les travaux de Twitty (1955) que l'analyse rigoureuse des mécanismes de la migration des Amphibiens Urodèles s'est appuyée sur des observations et expériences *in natura*, fort judicieuses. En effet, elles portent sur

(*).Laboratoire de Zoologie (Reptiles et Amphibiens) du Muséum national d'Histoire naturelle, 25 rue Cuvier, 75005 Paris (thireau @ mnhn.fr).

(**).Laboratoire des substances naturelles et URA 401 du CRNS, Muséum national d'Histoire naturelle, 63 rue de Buffon, 75005 Paris (doré @ mnhn.fr).

diverses Salamandres nord-américaines suivies dans leur milieu naturel, champ d'observations influencées ou non. Mais pour autant, l'affinement, la confirmation, voire la mise en évidence de certains facteurs migratoires n'a pu se faire qu'au laboratoire, grâce à diverses expériences parfois très sophistiquées.

De notre point de vue, les observations *in natura* sont loin d'être épuisées et, en réalité, elles varient à l'infini selon des facteurs qu'il convient de dégager. Le recueil de telles observations est donc de première importance pour analyser les composantes, *in situ*, de la migration des Amphibiens. C'est dans cet esprit que, depuis 1994, une équipe de naturalistes procède à des milliers de relevés sur les 10 espèces d'Amphibiens du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient. Elle a déjà publié une première note qui permet de préciser l'ensemble de la méthodologie de terrain, de suggérer l'étendue du champ d'action scientifique et de fournir quelques résultats préliminaires (Bellenoue et al., 1997).

Il faudra sans doute plusieurs années pour dégager, au moyen de méthodes statistiques éprouvées par l'un d'entre nous (J.-C. Doré), tout l'intérêt naturaliste et fondamental d'une banque de données telle que la nôtre. Une telle ambition, nouvelle en France par son ampleur et sa mise en oeuvre, ne peut être que positive. Elle s'apparente aux travaux poursuivis à l'étranger, et spécialement aux Etats-Unis d'Amérique (Stebbins et Cohen, 1995).

Disposant d'une base de données de plus en plus volumineuse, il nous a semblé difficile de dégager des résultats sans le secours des outils informatique et statistique, mais en même temps, nous sommes restés conscients que si l'observation naturaliste de terrain donne matière aux réalités statistiques elle peut, en continu, les éclairer et parfois même les sélectionner.

Cette cinquième note sur les Amphibiens du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient est aussi la seconde sur l'analyse de leurs migrations. Après quelques généralités sur les mouvements migratoires des Amphibiens dans le Parc de la Forêt d'Orient, nous avons choisi de nous limiter au traitement des observations faites en 1995 au lieu dit Mesnil (M1) situé immédiatement à l'Ouest de la «Fontaine Colette». Nos analyses sur le site M1 (1995) sont encore partielles car:

- même sans redondance, les traitements statistiques sont loin d'avoir été épuisés;
- nos résultats n'ont pas été confrontés à ceux de la campagne 1995 dans les autres stations d'observation du Parc de la Forêt d'Orient (Fig.1: Pn, T1, T2, T3 et D28);
- les campagnes en cours ou à venir dans les six stations du Parc (M1, Pn, T1, T2, T3 et D28) peuvent tout aussi bien confirmer, modifier, voire même remettre en question certaines des conclusions de cette note.

II.- SITES ET OBSERVATIONS PREALABLES:

La présente note s'articule donc autour de deux séries de résultats:

- les données de Bellenoue propres à l'ensemble du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient;

- les données de Bellenoue et de son équipe de terrain, recueillies au site de Mesnil pendant la campagne 1995. Les autres campagnes au même site et dans les autres sites (route forestière du Temple: T1, T2, T3; départementale 28: D28, pavillon Saint-Charles: Pn; cf. Fig.1) seront l'occasion de publications ultérieures.

A.- Ensemble du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient:

Depuis un peu plus de dix ans, le Parc naturel régional de la Forêt d'Orient est le lieu d'observations qualitatives sur sa batrachofaune en phase terrestre, par l'un d'entre nous (Bellenoue). C'est ainsi qu'il a été possible de rassembler en un tableau synthétique, les informations recueillies au fil des mois (Bellenoue et al., 1997:23). Dès 1977, de son côté, Thireau saisissait et analysait d'autres informations sur la présence de la batrachofaune dans le Parc. Elles se limitaient (Thireau, 1988, 1993) à certaines périodes de l'année et à diverses collections d'eau, spécialement sur les secteurs affectés par la mise en eau due à la dérivation de l'Aube. En raison des différences sus-évoquées, l'hybridation entre les données de Thireau et celles de Bellenoue, bien que portant sur la chorologie des Amphibiens, reste difficile.

La décision a donc été prise de n'utiliser que les données de Bellenoue pour chercher à approfondir les tendances migratrices des Amphibiens du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient.

B.- Site de Mesnil (Fig.1,2 et 3):

Dès la fin de 1993, Thireau et Bellenoue convenaient de mettre en place une série de campagnes d'observations des migrations des Amphibiens du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient selon un protocole rigoureux qu'ils définissaient de concert : les bases du programme «Sur la route des Salamandres» étaient en place. Diverses instances officielles (Ministère de l'Environnement, Muséum national d'Histoire naturelle, Office national des Forêts, Conservatoire du Patrimoine naturel, Direction départementale de l'Équipement, Direction des routes et du logement, Conseil supérieur de la Pêche, Institution interdépartementale des Barrages-réservoirs, Commission des recherches en nature de construction des routes suisses...) prenaient le relai et permettaient la faisabilité du projet qui recevait l'aide de particuliers très motivés. L'Association CERISE (Coordination des Etudiants de Reims pour l'Information et la Sauvegarde de l'Environnement) fournissait une équipe de naturalistes, étudiants à la Faculté de Reims, fort réceptrice aux aspects

théoriques et pratiques du programme dont elle devenait la “cheville ouvrière” éclairée. Elle présentait avec succès sa méthodologie et ses premiers résultats à «Exposcience en Champagne-Ardenne» (Vrigne-aux-Bois) puis «Exposcience nationale Belge» (Bruxelles).

La série de données recueillies en Mesnil1 (M1) pendant la campagne 1995 ici étudiée, mérite quelques informations préalables (Fig.1). Toutes les personnes qui fréquentent le Parc et circulent en automobile sur la D43 entre la localité de Mesnil-Saint-Père et la Maison du Parc, ont été à même de constater que la route effectuée, en fin de courbure, un surplomb au dessus d’une queue de Lac et un cône de rûs, avant de s’enfoncer en ligne droite dans le massif forestier. C’est précisément à cet emplacement que, sur la route, on peut constater des hécatombes d’Amphibiens dès la fin de l’hiver et jusqu’en automne. La topographie des lieux permet de comprendre certaines raisons d’une telle situation (Fig. 2).

La cote 140 des courbes de niveau suit l’indentation du littoral en période de remplissage maximal du bassin réservoir Seine, à savoir en été. La cote 150 réplique la cote 140 environ 200m. plus à l’Est: un dénivelé d’environ 2% est assorti d’un foisonnement de rûs disposés en un cône qui aboutit au point le plus profond de l’indentation de la queue de lac. A l’Est de ce cône de rûs se trouve la «Fontaine Colette» qui entretient une humidité importante en toute saison. Le bois de feuillus environnant est dense car résiduel du massif forestier qui occupait l’emplacement du Lac d’Orient jusqu’à la fin des années 1960. Un tel ensemble, couvert végétal et rûs selon une topographie générale favorable, est propre à enregistrer des passages d’Amphibiens spécialement au cours de migrations de reproduction vers les eaux stagnantes du Lac d’Orient.

En somme, la D43 semble se situer entre deux pôles attractifs pour les Amphibiens: l’eau du Lac d’Orient au moment des migrations de reproduction printanière et le massif forestier pour les espèces attirées par ce biotope post-reproducteur.

L’examen détaillé du site (Fig.3) montre que l’intervention *in situ*, bien que propice à un recueil de données, a plus pour vocation la protection de la nature que l’analyse scientifique du phénomène migratoire. En effet, aider au passage d’Amphibiens en migration de reproduction, ou au retour de cette migration, sur une route aussi fréquentée que la D43 est oeuvre protectrice indiscutable. En revanche, le fait qu’une buse franchit le remblai de la route, précisément selon la ligne de moindre pente et qu’un chemin intercepte le dispositif bâche-retour, pourrait poser la question du choix judicieux de cette expérience scientifique *in natura*. Nous verrons par la suite que les tendances migratrices générales semblent ne pas dépendre de ces

éléments, à l'encontre du rôle des bâches. Ce n'est pas tout: aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest du remblai routier se trouve une mare résiduelle. Toutes deux disparaîtront avec la montée des eaux du Lac d'Orient.

III.- ANALYSES DES MOUVEMENTS MIGRATOIRES DANS LE PARC NATUREL REGIONAL DE LA FORET D'ORIENT:

A.- Analyses univariées (Fig.4 et 5):

Dans Bellenoue et al. (1997:23), la figure 2 n'est pas en tant que telle assez explicite. Aussi, nous avons procédé à son fractionnement en trois ensembles de données propres aux trois stades de croissance (adultes, immatures et juvéniles) des 10 espèces d'Amphibiens présentes au fil des mois de l'année dans le Parc naturel régional de la Forêt d'Orient (Fig.4). Nous avons eu recours à une quantification (0,1,5,10) qui correspond à un gradient croissant de présence. Il est alors susceptible d'être soumis à une analyse quantitative de statistiques élémentaires ou plus élaborées (analyse factorielle et analyse factorielle des correspondances). A l'exception des mois de décembre et janvier, les adultes d'Amphibiens se rencontrent à terre tout au long de l'année; les généralisations sur le reste de l'année sont plus difficiles à dégager sans l'aide d'une méthode appropriée (cf. *infra*). Pour les immatures, la présence quasi-continue (sauf novembre, décembre et janvier) des Anoures s'oppose à celle des Urodèles présents essentiellement en avril. Les juvéniles quant à eux se rencontrent surtout en été, durant une période plus restreinte chez les Urodèles comparés aux Anoures. L'analyse détaillée tant des immatures que des juvéniles n'est guère envisageable sans le recours à une méthode adaptée (cf. *infra*).

En prenant pour base 100 le mois de juillet («effectif» mensuel maximum de la globalité des Amphibiens circulant dans le Parc naturel régional de la Forêt d'Orient), on peut conclure à l'existence de deux vagues migratoires annuelles: l'une s'amorce en février pour atteindre un pic en avril, l'autre débute en mai avec un «brusque» optimum en juillet suivi d'une décroissance régulière jusqu'en octobre (Fig.5). Mais l'analyse quantifiée des facteurs en oeuvre n'est guère accessible en analyse univariée.

B.- Analyses multivariées (Fig.4; 6a,b et c):

Pour pénétrer la complexité des relations entre les 4 catégories d'informations - 4 niveaux d'abondance de 10 espèces à 3 stades de maturité reliés aux mois de l'année (n=12)- avec une rigueur analytique que ne permet guère la confrontation d'une multitude de tableaux, nous avons fait appel à des techniques mathématiques élaborées. Ainsi, l'analyse factorielle des correspondances (AFC) nous autorise

(Benzécri, 1973) à réduire cet espace à 12 (mois = dimensions) en une représentation bidimensionnelle avec une perte minimum d'information.

Le tableau initial (Fig.4) peut ainsi être «résumé» sous forme de deux cartes de proximité distributionnelle: celle des trente catégories d'Amphibiens d'une part, et celle des 12 mois d'autre part. Ces représentations planes (donc à 2 dimensions) vont rassembler la part (60%) la plus structurée de l'information contenue dans le tableau initial et en permettre une lecture «statistique». Ces cartes factorielles, par superpositions, vont se lire comme des cartes topographiques révélant:

- des proximités conjointes (corrélation),
- des éloignements en opposition (anticorrélation),
- des associations près de l'origine des axes qui expriment des corrélations faiblement significatives...

L'application d'une telle méthodologie aux mouvements de l'ensemble des Amphibiens du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient relevés tout au long de l'année, permet de mieux comprendre la logique des événements migratoires.

1.- Modélisation des stades de maturité des espèces (Fig.6a):

La distribution des dix espèces d'Amphibiens selon leurs trois catégories d'âge (soit 10 triades) permet de repérer un groupe de corrélation qui s'isole de manière tranchée -à savoir le polygone de dispersion factorielle des juvéniles (PDFJ)- et, de plus, qui associe entre elles les espèces d'Anoures d'une part, d'Urodèles d'autre part. Ce PDFJ justifie l'isolement des deux autres polygones de dispersion factorielle: celui des immatures (PDFI) qui s'oppose par l'axe ϕ^2 au PDFJ et celui des adultes (PDFA) avec deux espèces excentrées, *Bombina variegata* et *Triturus cristatus*, dont il sera de nouveau question.

2.- Modélisation des mois de l'année (Fig.6b):

La projection des dix espèces d'Amphibiens en fonction de l'ensemble des mois de l'année, met en évidence trois périodes sensibles:

- l'été se distingue aisément, spécialement par ses mois de juillet et août,
- le printemps s'isole bien, spécialement par le mois d'avril,
- l'automne et l'hiver s'individualisent mal l'un de l'autre en raison de proximités, entre octobre et décembre/janvier, mais surtout au sein de l'ensemble novembre-février-mars. Notons d'ailleurs que décembre et janvier, exempts d'observations, se confondent avec l'origine des axes factoriels.

3.- Modélisation croisée des stades de maturité des espèces et des mois de l'année (Fig.6c):

En raison de la métrique utilisée (le chi-2), la confrontation des deux cartes factorielles précédentes (Fig.6a,b) permet ainsi d'opérer non plus de simples autocorrélations entre éléments appartenant à un même champ informationnel, mais des corrélations croisées (analyse factorielle des correspondances) entre les stades de maturité des espèces et les mois de l'année. Cette représentation comparée par susperposition des deux cartes factorielles précédentes (ce qui fournit la Fig.6c) montre, pour l'ensemble du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, une circulation maximale:

- des adultes durant les mois de février et mars effectuant une migration de reproduction (le mois de novembre étant à éliminer car sa contribution relative à la dispersion factorielle est à peine perceptible);
- des juvéniles issus de la reproduction (émergence), en juillet et août;
- et enfin des Urodèles immatures en avril.

Un examen attentif de cette correspondance intercartes (Fig.6c) amène à constater que les immatures de toutes les espèces de *Triturus* ne se rencontrent avec une fréquence importante qu'en avril, c'est plutôt le cas aussi des immatures de *S.s. terrestris*.

Le groupe des adultes présente deux exceptions - *Bombina variegata* et *Triturus cristatus* - qui se rencontrent plutôt en avril (reproduction), mais aussi juillet et août. *Triturus cristatus* apparaît, ici encore, comme une espèce de Triton plus thermophile que les autres, ce que nous avons déjà souligné dans des travaux antérieurs, précisément à propos de son biotope - habituel ou de recolonisation - en lisières de forêt (Thireau, 1993). La thermophilie de *Bombina variegata*, espèce inféodée aux ornières - petites collections d'eau vives chaudes - est sans doute aussi l'élément explicatif d'une stratégie de déplacement qui s'apparente à celle de *Triturus cristatus*.

IV.- LES FLUX MIGRATOIRES AU SITE DE MESNIL1 (campagne du 12/II au 24/IV 1995).

Lors de la précédente analyse, propre à l'ensemble du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, les observations portaient sur l'ensemble des mois de l'année et reflétaient une synthèse qualitative, sans mise en place d'un dispositif de capture en diverses localités. Il était évident que l'on ne pouvait en rester là pour pénétrer la nature et la signification des mouvements migratoires des Amphibiens du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient.

Nous avons dit (cf. *supra*) ce qu'il en était des divers dispositifs d'interception mis en place, et plus spécialement de celui de Mesnil1. Une seule campagne (12/II au 24/IV 1995) en un point déterminé ne peut pas répondre à toutes nos attentes explicatives mais permet d'établir un pont entre les généralités dégagées sur l'ensemble du Parc (cf. *supra*) et les résultats ponctuels qui vont être fournis avec l'étude qui suit en un lieu précis et, au jour le jour, sur une période définie. Il ne sera pas surprenant d'obtenir des confirmations de ce que nous savions déjà, mais parfois aussi de constater de possibles «contradictions». En vérité, seule la synthèse que nous pourrions proposer, une fois que toutes les analyses auront été faites sur l'ensemble des sites, donnera une bonne idée des mouvements migratoires printaniers des Amphibiens du Parc. Gageons que des phénomènes peu vus ou mal compris par les naturalistes de terrain trouveront alors leur expression et la garantie d'une quantification sur des bases solides.

Les résultats globaux en Mesnil1 (campagne 1995) montrent qu'aux extrémités du dispositif, les seaux n'ont permis de collecter que 50% environ de l'effectif moyen des autres seaux. En effet, la bâche étant interrompue au niveau des seaux extrêmes, le rabattage ne joue que pour moitié. Cela montre aussi que le couloir de migration est bien plus large que l'implantation de notre dispositif. L'angle d'incidence d'un individu, lorsqu'il heurte la bâche, perturbe cette hypothèse car l'option 50% correspond à une interception, en théorie, perpendiculaire à la bâche. Dans la pratique, tout individu peut être soumis à des aléas contraires à la direction initialement prévisible. D'autres remarques méritent aussi d'être avancées. Le remblai de la route, plus ou moins élevé, peut générer une différence de distribution dans les seaux; de plus, une buse traversant ce remblai au niveau du seau 9 est susceptible d'introduire une perte potentielle (phénomène de «by-pass»). Enfin, les individus capturés à l'aller peuvent être attirés par la mare côté Forêt pour y effectuer leur ponte, à l'inverse, les individus capturés au retour peuvent stationner dans la mare côté lac... En somme, outre l'objectif de protection de la nature que nous avons souligné et qui caractérise cette opération, une critique sévère de l'emplacement choisi pourrait être entreprise. En dernière analyse, l'importance tant qualitative que quantitative des migrations d'Amphibiens au site de Mesnil1 en fait un site de choix malgré les inévitables réserves qu'apportent tout dispositif *in natura*.

1.- Analyses univariées (Fig.7;8;9;10a;10b;11;12;) :

Du 12 février au 24 avril 1995, 10020 captures ont été opérées: 7133 à l'aller (environ les 2/3) et 2887 au retour, soit le tiers restant. Lorsque l'on additionne les effectifs aller et retour de chacune des espèces, le total est décroissant de *Bufo bufo*, *Triturus helveticus*, *Rana esculenta*, *Rana temporaria*, *Rana dalmatina*, *Triturus vulgaris*, *Salamandra salamandra terrestris*, *Triturus alpestris* à *Triturus cristatus*

(Fig.7). Puisque toutes ces espèces sont soumises à la nécessité de se rendre sur un lieu de ponte aquatique, on peut conclure que, toutes choses étant égales par ailleurs, les populations de *Bufo bufo* et *Triturus helveticus* sont largement majoritaires dans le périmètre forestier de M1 et, à l'inverse, fortement réduites pour *Triturus alpestris* et *Triturus cristatus*. Un gradient décroissant relierait ces pôles extrêmes, il s'agit de: *Rana esculenta*, *Rana temporaria*, *Rana dalmatina*, *Triturus vulgaris* et enfin *Salamandra salamandra terrestris*. Cette interprétation, immédiate, n'est peut-être pas en parfaite harmonie avec la réalité, du moins pour ce qui concerne la plage intermédiaire... En fait, c'est dans la perspective de mouvements migratoires que les interprétations semblent les plus intéressantes et les plus fiables. A cette fin, et pour toutes les espèces, nous avons distingué les effectifs aller des effectifs retour (Fig.8). Il s'avère que, dans les cas où les effectifs sont suffisants, l'aller est numériquement bien plus abondant que le retour. C'est le cas de *Triturus helveticus* et *Rana esculenta* mais aussi *Bufo bufo*, *Rana dalmatina* et *Triturus vulgaris*. En conséquence, et pendant la période d'observation en M1, le couloir aller de migration est bien plus manifeste que le couloir retour. Avec *Rana temporaria*, on est en présence d'une situation exactement inverse puisque le couloir de migration est plus prononcé au retour qu'à l'aller. En somme la logique de migration ne correspond pas au modèle théorique d'un passage sensiblement identique à l'aller* comme au retour, mais semble privilégier celui-là, sauf chez une espèce.

On peut essayer de pénétrer le phénomène de migration en séparant effectifs mâles et femelles (Fig.9). C'est ainsi que chez *Bufo bufo* et *Rana esculenta*, les mâles sont largement en surnombre lors de la migration aller. En fait, la pulsion copulatrice est si forte chez ces espèces que les mâles manifestent une véritable frénésie migratrice: plusieurs mâles peuvent s'accoupler en grappe à une même femelle et même opérer des accouplements hétérospécifiques... Chez les grenouilles brunes (*Rana temporaria* et surtout *Rana dalmatina*) les mâles sont beaucoup moins

* Les observations menées sur le terrain ont mis en évidence l'existence d'une migration passive de *Rana temporaria*. Ainsi, les individus des deux sexes utilisent les rus forestiers alimentés par le ruissellement des précipitations de la fin de l'hiver, en se laissant porter par le courant vers l'aval.

Sur le site de Mesnil, à la place de la queue d'étang ou de la zone marécageuse où le ruisseau devrait les mener, les grenouilles rousses trouvent les eaux du lac de la Forêt d'Orient exposées aux intempéries et à un fort marnage. Ne trouvant point de zones de fraye répondant à leurs exigences, ces grenouilles rousses effectuent une migration active vers l'amont le long du ruisseau qui les conduit à atteindre le dispositif côté "retour" pour aller frayer dans une mare sublittorale. Ce phénomène entraîne donc une augmentation "artificielle" des effectifs du côté retour de notre dispositif, en particulier dans les seaux situés juste en aplomb du passage de la buse.

** Chez *Rana dalmatina* et dans une moindre mesure chez *Rana temporaria* nous avons pu observer que notre dispositif de capture était assez facilement franchi par un certain nombre d'individus soit par saut soit par succion ventrale. Les femelles gravides ou parfois déjà appariées ont apparemment beaucoup plus de difficultés à s'échapper de notre dispositif. Il est donc très probable que le surnombre de femelles chez ces deux espèces dans les seaux ne soit que le résultat de cette inaptitude et non d'une sex-ratio naturelle.

nombreux que les femelles lors de la migration aller : l'attrait des femelles semblerait moins prononcé pour des mâles aux pulsions sexuelles moins manifestes**. Chez *Triturus helveticus* et aussi *Triturus vulgaris*, la ponte obligée de femelles gravides les porte à gagner en nombre le lieu de reproduction; grâce à l'existence d'une spermathèque, la fécondation n'est d'ailleurs plus directement associée à la chronologie de ponte, ce dont les Anoures restent strictement tributaires.

L'analyse des captures globales aller et retour pour les 72 jours de campagne 1995 a été résumé sur des diagrammes qui mettent en évidence une alternance importante des fréquences de capture (pics et creux) (Fig 10a et 10b). Cette situation semble être contrôlée par deux phénomènes:

- d'une part le comportement migratoire propre à chaque espèce (éthologie de la migration);

- d'autre part l'incidence des conditions climatiques.

En effet les Amphibiens étant des poïkilothermes, leur mobilité dépend de facteurs climatiques tels que la température ou l'hygrométrie ambiantes. Un relevé météorologique global effectué sur la période concernée montre une étroite relation de la migration avec certaines conditions climatiques (en particulier une corrélation négative avec les périodes de gel, et une corrélation positive avec les périodes pluvieuses ou, mieux encore, chaudes et pluvieuses). Ce point nous a semblé d'une telle importance que nous en ferons une analyse particulière dans un prochain article où nous tenterons de formaliser les paramètres climatiques en vue de définir les valeurs optimales associées aux pics migratoires. Il est évident que d'autres paramètres probablement très importants (charge électrique de l'atmosphère, pollutions diverses, intensité du vent...) jouent aussi un rôle fondamental, mais faute de les avoir estimés nous ne pourrions pas nous prononcer à leur sujet dans le cadre de notre expérimentation *in natura*.

L'ensemble des migrations aller chez les Anoures pendant la suite des 72 jours d'observations est soit précoce (*Rana temporaria*), soit tardive (*Rana esculenta*), tandis que *Rana dalmatina* et *Bufo bufo* se placent dans une période intermédiaire. En ce qui concerne les Urodèles, l'analyse est beaucoup moins évidente, toutefois *Triturus alpestris*, *Salamandra salamandra terrestris* et surtout *Triturus helveticus* avaient déjà entamé leur migration de reproduction au moment où le dispositif d'interception a été mis en place (12 février 1995). Les choses peuvent être précisées en représentant les vagues migratoires aller et retour de part et d'autre de l'axe du temps pour chacune des espèces d'Urodèles (Fig.10a) ou d'Anoures (Fig.10b). Les retours sont à peine perceptibles chez *Triturus helveticus* et *Triturus vulgaris*, espèces dont la migration aller semble occuper toute la période d'observation; en revanche, *Triturus alpestris* semble être une espèce précoce pour l'aller et le retour tandis que

Triturus cristatus est tardif pour ces deux mouvements. *Salamandra salamandra terrestris* est plus difficilement interprétable. En ce qui concerne les Anoures, les grenouilles brunes sont précoces tandis que *Rana esculenta* et *Bufo bufo* sont tardifs. A noter un retour peu perceptible chez *Rana dalmatina* et surtout *Rana esculenta*. Les figurés des mouvements migratoires ont été établis à main levée et il ne faudrait pas leur attacher une valeur explicative trop forte: ils visent simplement à suggérer des tendances.

Les vagues migratoires des mâles (premier plan) et des femelles (second plan) ont été établies pour *Bufo bufo* et *Triturus helveticus* qui présentent des effectifs importants (Fig.11). Il en ressort un certain synchronisme des sexes chez *Bufo bufo* mais à l'avantage des mâles, tandis que les femelles sont peu synchrones avec les mâles et surtout toujours numériquement plus nombreuses chez *Triturus helveticus* (cf. *infra*).

Avec le graphique des effectifs cumulés des Amphibiens au cours du temps, il existe des pics de migration pour l'ensemble des espèces (barres d'histogrammes importantes et ruptures de pente de la courbe cumulée, cf. Fig.12). Indépendamment des exigences climatiques de chaque espèce, les modulations s'effectuent probablement dans une fenêtre climatique qui est assez étroite et qu'il faudra déterminer dans un travail ultérieur. De la même manière, la "lecture" du contenu de chacun des seaux dans une journée, comparée à celle du déroulement du temps à l'aller et au retour pour chacune des espèces d'Amphibiens, détermine l'existence de lignes de migration à l'intérieur des couloirs de migration, propices en termes topographique, microclimatologique, phéromonale.....? Il est et restera assez difficile d'apporter une réponse. En revanche, la notion de ligne de migration méritera une étude spéciale, pour des raisons d'ordre éthologique, dans un article ultérieur (cf. *infra*).

B.- Analyses multivariées:

Elles permettent l'analyse statistique élaborée d'un mouvement migratoire d'apparence continue. La proximité quasi régulière des seaux est le moyen d'intercepter le flux migratoire et de "fragmenter" ses composantes: couloirs migratoires et lignes de migration. Le contenu d'un seau n'est pas aléatoire, c'est au contraire le reflet ponctuel d'un phénomène plus général qui concerne aussi l'ensemble des seaux. La nature du contenu des seaux reflète la plus ou moins grande dépendance comportementale des espèces en migration. C'est ainsi que les effectifs d'une espèce, en valeur absolue ou par rapport à une autre espèce et d'un seau à l'autre ou dans le même seau, reflètent le niveau de synergies intra ou interspécifiques. Si une espèce est abondante dans un seau et pas dans les autres, l'on

peut voir l'existence d'une ligne migratoire. Une série de lignes migratoires définit des couloirs de migration partiels -indépendants, chevauchants ou identiques-, d'une espèce à l'autre. Ce point est sous-tendu par les niveaux tant de promiscuité entre individus de la même espèce que de tolérance interspécifique. Toute une série de calculs pourrait quantifier cette question d'éthologie de la migration et sera l'occasion de travaux ultérieurs.

1.- Relations entre espèces et seaux (Fig.13a,b,c):

Le tableau général (Fig.4) propre à M1, donne (du 12 février au 24 avril 1995) le profil de capture des 9 espèces d'Amphibiens pour les 14 seaux «aller» et les 14 seaux «retour». Lorsque cette matrice de fréquence est soumise à une analyse factorielle, les diverses proximités distributionnelles peuvent se traduire par des cartes. La carte des 28 seaux (Fig.13a) et celle des 9 espèces d'Amphibiens (Fig.13b) sont superposables (Fig.13c) en analyse factorielle des correspondances (AFC). Ces trois projections factorielles filtrent les phénomènes secondaires ou parasites et rassemblent, dans chacune d'elles, plus des 3/4 de l'ensemble de la variance de l'information totale, à savoir 52,6% sur le premier facteur (ϕ_1) et 23,9% sur le second (ϕ_2). Il convient maintenant de faire une analyse critique de chacune des projections factorielles.

a.- Modélisation des espaces aller et retour:

La projection qui concerne les seaux (Fig.13a) se révèle très cohérente. En effet, ϕ_1 sépare très nettement les «seaux aller» projetés en coordonnées positives, des «seaux retour» projetés en coordonnées négatives. Ce résultat est assez remarquable dans la mesure où les données originales sont cumulatives dans le temps, et qu'elles ne prennent donc pas en compte le décalage temporel entre les flux migratoires aller puis retour. Cette distinction des 2 groupes de seaux concerne donc directement la stratégie migratoire des différentes espèces les unes par rapport aux autres. D'ailleurs la topographie relative des seaux est grossièrement reproduite dans la projection puisque les seaux situés au nord se distinguent de ceux situés au sud, et plus nettement à l'aller qu'au retour (cf. *infra*).

Un examen attentif de la carte montre une surprenante régularité dans la projection des seaux sur le plan factoriel, les uns par rapport aux autres. Les seaux, numérotés de 1 à 14 (suivant leur position nord/sud le long de la départementale D43), conservent cette adjacence sur la carte factorielle. Or, la matrice analysée ne comportait bien évidemment aucune information explicite de topographie.

Le phénomène est particulièrement net pour les seaux «aller» qui se distribuent de 1 à 14, sans irrégularité marquée, tout au long du deuxième facteur (23,8% de variance). Avec les seaux «retour», l'organisation des captures est moins nette, en particulier au sud du dispositif (seaux 11, 12, 13, 14).

b.- Modélisation de la stratégie migratoire:

Si l'on confronte la projection des seaux avec celle des 9 espèces d'Amphibiens (Fig.13b), on peut constater que cette séparation est à mettre en relation avec:

- au retour, un excédent relatif (pondéré sur l'ensemble de la population étudiée) de *T. alpestris* de *S. salamandra terrestris* et de *R. temporaria*;
- inversement à l'aller, un large excédent relatif existe pour *T. vulgaris*, *T. helveticus* et *R. esculenta*;
- une situation intermédiaire pour *T. cristatus*, *R. dalmatina* et *B. bufo*.

Ce constat, qui devra évidemment être confirmé par l'analyse d'autres campagnes et l'étude d'autres sites, pourrait être en relation:

- soit avec les pulsions de reproduction à l'aller plus fortes que les tropismes du retour, ainsi pour *T. helveticus* 2147 captures effectuées à l'aller 149 seulement l'ont été au retour, de même avec *Rana esculenta* pour 1192 captures aller 110 seulement sont enregistrées au retour;
- soit avec les tendances des espèces vers un biotope plutôt «littoral» (*R. esculenta*, mais aussi *T. vulgaris*, *T. helveticus*) ou plutôt «continental» (*S. salamandra terrestris*, mais aussi *T. alpestris*, *R. temporaria*),
- soit avec la date du début de la campagne pour *R. temporaria* qui accuse 337 captures à l'aller et 551 au retour (cf. *infra*);
- soit enfin avec la durée de la plage de retour qui, pour certaines espèces, peut avoir dépassé les limites temporelles de nos observations (au-delà du 24 avril 1995), comme c'est le cas avec *T. helveticus* ou *T. vulgaris*.

Il convient de remarquer enfin que, dans les couloirs migratoires aller et retour, se côtoient Urodèles et Anoures, ce flux procède donc d'espèces phylogénétiquement éloignées à l'aller (*S. salamandra terrestris*, *T. alpestris* et *R. temporaria*) ou à la fois éloignées et proches au retour (*R. esculenta*, *T. vulgaris*/*T. helveticus*). La distance interspécifique semble plus prononcée à l'aller qu'au retour ce qui s'accorde bien avec la notion d'isolement reproductif (aller) et de communauté de biotope (*T. helveticus*/*T. vulgaris* après reproduction). Le tropisme des Amphibiens vers la mare d'origine n'est pas seul en cause, il se double (ou s'explique) de reconnaissances diverses (olfactives, tactiles, visuelles, sonores, spatiales, magnétiques...) d'une

extraordinaire complexité qui dépasse largement le cadre de nos présents travaux; pourtant un développement expérimental «souple» semblerait envisageable...

c.- Modélisation croisée et notion de couloirs de migration:

Les différentes espèces présentent globalement (une fois gommés les facteurs d'incertitude statistique) une tendance à suivre une trajectoire unique à l'aller comme au retour selon des couloirs de migration (au nord ou au sud) constitués de lignes migratoires qui privilégient certains seaux (Fig. 13c).

R. esculenta et *S. salamandra terrestris* migrent suivant un cheminement qui les amène à être capturés de préférence dans les seaux «septentrionaux», tandis que *T. helveticus*, *T. alpestris* et *R. temporaria* ont été essentiellement capturés dans les seaux «méridionaux», pour prendre des exemples tranchés.

2.- Relations entre espèces et dates de passage (Fig.14a,b,c):

Les relevés effectués en M1 autorisent une analyse factorielle des correspondances visant à confronter directement les profils temporels de migration des 9 espèces d'Amphibiens interceptés.

a.- Modélisation de la «flèche du temps» (Fig.14a):

Le dénombrement des captures par espèce (tous seaux confondus) pour chacun des 72 jours étudiés (du 12 février au 24 avril 1995) subit des aléas liés aux conditions climatiques. Là encore, l'aptitude des approches multivariées à structurer des données multiparamétriques permet de synthétiser une information, obligatoirement très «bruitée». Le déterminisme qui préside aux phénomènes observés est extrait puis exprimé sur un nombre réduit de dimensions. Dans le cas présent, l'élément de causalité est évidemment la flèche du temps. Au cours de leurs migrations, les Amphibiens se trouvent sous la dépendance, non pas d'un parcours stochastique, mais d'un «attracteur chronologique»: pulsions sexuelles à l'aller puis tropismes territoriaux au retour.

La carte de projection des 72 jours sur un plan euclidien à deux dimensions, s'est opérée après calcul avec une perte somme toute modeste d'information (37%). Nous aurions pu nous contenter de présenter la matrice -72 (jours) x9 (espèces) x2 (en raison d'un aller et retour)- sur le seul premier facteur qui représente le spectre temporel. En effet, le temps est l'élément de causalité dominant, ce qui se vérifie par le fait que partant d'un système à 18 dimensions (9x2), le premier axe factoriel rassemble près de 50% de l'information totale.

Comme dans le cas de la réorganisation «en aveugle» de l'ordonnement des

seaux (cf. *supra*), la figure 14a montre que la séquence temporelle du 12 février au 24 avril est explicitement projetée sur phil avec des coordonnées fortement positives, puis fortement négatives: c'est ainsi que la flèche du temps «avance» de droite à gauche. D'autres remarques peuvent encore être faites sur cette projection. La dispersion des jours est plus grande pour le mois d'avril que pour les mois de février ou mars, agrégés de manière compacte. Des polygones de dispersion factorielle peuvent être tracés pour délimiter des périodes mensuelles -février, mars, avril- voire hebdomadaires. Peu de jours (10 et 14 avril, par exemple) sont projetés de manière aberrante, ce qui est une preuve de cohérence et nous assure de l'aptitude de cette projection à légitimer l'organisation de l'espace conjugué du différentiel migratoire des espèces. L'effet Gutmann (distribution qui suit une «parabole», cf. Volle, 1981) est globalement respecté entre le premier et le deuxième facteur, toutefois on peut constater que les points représentatifs des différents jours tendent à se distribuer suivant une régularité linéaire que traduit trois «droites d'ajustement». Ce phénomène s'articule autour d'une très nette rupture de la distribution de la série chronologique pendant la période du 27 mars au 4 avril. Cette rupture peut être interprétée en termes biotiques (migration elle-même) et/ou abiotiques (variations climatiques, obstacles divers). Les données dont nous disposons et les observations in situ, nous invitent à privilégier l'explication climatique; ce point sera approfondi dans un travail ultérieur.

b.- Modélisation de vecteurs de migration (Fig.14b):

Avec la figure 14b la lisibilité de la représentation se trouve accrue par la projection sur les deux facteurs principaux en raison de l'Effet Gutmann (cf. Volle, 1981). Ce phénomène est, en effet, assez général lorsque l'on aborde l'analyse factorielle de séries temporelles. Il tend, par une relation quadratique, à lier les projections des premier et second facteurs.

Sur la figure 14b, les points aller et retour des différentes espèces peuvent être positionnés. En les joignant par un segment de droite, nous visualisons «géométriquement» le décalage entre deux mouvements opposés ce qui, par un vecteur, matérialise la durée de la période reproductrice et post-reproductrice.

On peut alors constater que l'ensemble des vecteurs s'orientent vers la gauche, c'est à dire de l'aller vers le retour, exception faite de *R. temporaria* et *T. alpestris*. Pour *R. temporaria* les coordonnées aller et retour sur le premier axe sont comparables. Cet «accident» est à rapprocher d'un déficit d'effectif à l'aller; cette espèce à migration très précoce ayant débuté sa migration de reproduction bien avant la date (12 février 1995) choisie pour entreprendre nos dénombrements. Pour *T. alpestris*, il semblerait que cette espèce à large valence écologique passe la période

hivernale au fond de l'eau et se trouve donc déjà sur le site de reproduction au printemps, c'est pourquoi l'analyse factorielle proposée donne l'impression qu'un retour a lieu avant un départ, ce dernier existe pourtant bien et serait le fait d'individus qui ont «choisi» de passer l'hiver à terre probablement pour des raisons «d'incapacité métabolique». Soulignons la puissance de l'outil multivarié qui détecte un phénomène naturaliste uniquement par le traitement de données aussi élémentaires que les dates d'interception d'un passage d'Amphibien au bord d'une route.... Les écologistes ont donc tout avantage à faire appel à ces techniques, ce que Daget (1976) avait parfaitement vu il y a plus de 20 ans.

Si l'on figure par un point la «position migratoire» des différentes espèces d'Amphibiens, ce «barycentre de migration» (aller ou retour) permet de «stabiliser» la plage de migration, et donc de proposer une succession de vagues migratoires:

- *R. temporaria* inaugure la période migratoire de reproduction,
- *R. dalmatina* lui succède,
- *T. helveticus*, *T. alpestris* et *T. vulgaris* semblent avoir un flux migratoire synchrone dans le temps et placé au milieu de la plage temporelle générale,
- *T. cristatus*, *S. salamandra*, *R. esculenta* prennent la suite,
- *B. bufo* serait la dernière espèce à migrer, ce qui surprend car cette espèce a la réputation d'avoir une migration précoce en France. En réalité, la longueur du vecteur migratoire est directement la raison de cette «aberration». En effet, il traduit le fait que les crapauds sont erratiques, une fois leur reproduction accomplie.

c.- Modélisation croisée et vecteurs temporels de migration (Fig. 14c):

Cette question mérite d'être approfondie en projetant sur l'axe ϕ_1 , chacun des vecteurs migratoires. On constate alors que si *B. bufo* musarde énormément, *R. temporaria* ne musarde pas du tout. Entre ces deux extrêmes, l'on classe successivement: *R. dalmatina*, *S. salamandra*, *T. vulgaris*, *R. esculenta*, *T. cristatus*, *T. helveticus* et *T. alpestris*. Ce classement ne préjuge en rien du maintien d'espèces à l'eau après la reproduction (comme c'est le cas des *Triturus*) mais signe le caractère erratique des espèces qui ont quitté l'eau après la ponte (*S. salamandra terrestris* d'une manière systématique et *B. bufo* dans ces zones de plaine).

3.- Relations entre espèces et sex-ratio (Fig.15):

Lors de la migration aller, des effectifs élevés et des différences de dénombrement d'un sexe à l'autre autorisent, pour chacune des 8 espèces, à rechercher les relations entre migration de reproduction et comportements sexuels.

Cette question avait déjà été abordée au cours de l'analyse univariée (cf. supra), mais elle n'avait pas reçu de réponse globale modélisée. En effet, pour les effectifs

des migrations aller, si l'on projette sur l'axe phi1 la dispersion simultanée des sexes par espèce et des espèces par sexe (selon phi1/phi2), on obtient un positionnement relatif des 16 catégories de critères -les deux sexes pour huit espèces- dont l'interprétation est ainsi rendue possible (Fig.15). Ce monoaxe de corrélations croisées permet de «lire» l'éthologie sexuelle des migrations de reproduction en M1, pendant la campagne de 1995.

Aucune des 8 espèces ne présente une égalité stricte dans les effectifs entre les sexes des individus en migration (point d'équilibre), mais les Urodèles et les Anoures disposent d'une stratégie différente. Avec les Urodèles, l'exigence de ponte de femelles déjà fécondées domine le mouvement migratoire, ce qui se manifeste par des effectifs de femelles toujours supérieurs à celui des mâles et cela de manière de plus en plus accentuée de *Triturus alpestris*, *T. cristatus*, *T. vulgaris*, vers *T. helveticus*. En revanche, chez les Anoures, si la pulsion de ponte domine également, les mâles en assurent la fécondation externe au fur et à mesure de l'émission des cordons. De ce fait, le seuil d'excitation des mâles peut être soit précoce (*Bufo bufo* et *Rana esculenta*) soit tardif (grenouilles brunes). Dans le premier cas les mâles sont nettement plus nombreux que les femelles dès le début de la migration, dans le second cas les femelles ne deviennent réellement attractives pour le peu de mâles qui les ont suivies, qu'au moment où elles pondent.

Ainsi, le traitement multivarié précise l'éthologie des espèces en migration et la mise en œuvre d'une analyse factorielle des lignes migratoires, à l'occasion d'un travail ultérieur, devrait aboutir à des conclusions d'ordre éthologiques sur la base des quantifications simultanées des taux de promiscuité intraspécifiques et des seuils de tolérance interspécifiques.

V.- CONCLUSION.

Certes, il s'agit d'une recherche foncièrement naturaliste, mais dont les retombées tant fondamentales qu'appliquées, acquises ou prévisibles, servent certainement le bien fondé, la cause et même l'avenir des Parcs (naturels régionaux et nationaux) en France.

Le problème de l'analyse, *in natura*, du phénomène migratoire a largement été traité dans la littérature par le «marquage» et donc le repérage des animaux étudiés: nous n'avons fait qu'ébaucher une telle étude. Elle pourra se prolonger par l'exploitation du suivi des mouvements des salamandres dans le Parc naturel de la Forêt d'Orient au moyen de leur identification individuelle (pattern) à partir d'une collection de clichés qui est d'ores et déjà réalisée.

Différentes interprétations «éthologiques» ou tout simplement d'adaptation à différents biotopes pourraient être développées. En effet, si le tropisme aller (vers le

lieu de ponte) est un phénomène bien établi, la nature et la force du mouvement «centrifuge» qui va suivre semblent moins bien appréhendées... Est-il sous la seule dépendance:

- d'un phénomène aléatoire de progression vers un biotope «estival», une fois que les pulsions reproductrices se sont exprimées ?

- ou bien, sous celle d'un «mécanisme» d'exploration programmée et adaptée pour rechercher une niche écologique «optimale» (disponibilité alimentaire, non surcharge de populations, distances territoriales respectées, facteurs abiotiques satisfaisants...) ?

Quoiqu'il en soit, l'étude préliminaire des Amphibiens en déplacement dans le Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, avait fourni un aperçu significatif des tendances générales dans chacune des trois catégories d'âge (adultes immatures et juvéniles), et au fil de tous les mois d'une année «type». Mais nous n'avions alors aucunement retenu la nature même du déplacement (abandon d'un lieu d'hivernage, recherche d'un biotope estival, quête de nourriture...) qui donnait lieu aux observations traitées.

En conséquence, une étude ciblée sur un site précis (M1) pendant une période cruciale pour les déplacements des Amphibiens (février, mars et avril) permet d'interpréter diverses composantes de telles migrations, chez des individus en majorité adultes. Une minorité d'immatures semble s'être glissée dans les mouvements migratoires observés. Il faut savoir que le critère retenu pour leur identification était, uniquement fondé sur leur petite taille pour l'espèce. Il devait donc s'agir de subadultes, plutôt que d'immatures vrais chez lesquels les organes génitaux n'ont pas encore atteint une maturité fonctionnelle. De tels individus n'ont donc pas naturellement leur place en compagnie d'individus matures (subadultes et adultes), en migration de reproduction sauf à penser à un entraînement agrégatif.

Notre étude a eu le mérite de préciser, peu avant et peu après, le moment de la période de reproduction. Nous n'avons pu, à l'aide de nos dispositifs, intercepter qu'une partie des divers couloirs de migration en Mesnil1, mais nous devrions être en mesure, grâce à la technique de capture par seaux et non pas en tranchée, de développer toute la signification des **lignes migratoires**. Les caractéristiques éthologiques, de promiscuité et tolérance des espèces seront alors quantifiées.

La «vectorisation temporelle» du phénomène migratoire est désormais un acquis qui devrait permettre, dans l'avenir, des comparaisons fiables, pour dégager diverses tendances, sur des bases solides et rigoureusement quantifiées.

L'incidence du climat sur le phénomène migratoire n'a, volontairement, été qu'à peine traitée dans ce travail. En effet, elle donnera lieu à une étude spécifique

qui permettra de compléter nos résultats. Ce sera l'occasion de proposer une quantification de l'incidence de quelques facteurs externes et de préciser la nature de leurs «conjonctions» pour **prévoir une migration peu avant son déclenchement**. Ainsi les protecteurs de la nature et les décideurs pourront disposer, du moins pour le Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, de «**cotes d'alertes des risques de migration**». En effet c'est le rôle des Parcs naturels régionaux de fournir les moyens d'aboutir à de tels résultats prévisionnels en vue de la gestion et de la protection des effectifs de populations d'Amphibiens présents sur leur territoire et, ultérieurement, pour d'autres parties protégées sur le territoire national.

En somme, avec ce travail sur plus de 10000 données, 20 items liés aux espèces et à leur sexe, 28 items issus des seaux, 72 items temporels, la migration des Amphibiens au site de Mesnil pendant la campagne de 1995 a pu être appréhendée et modélisée, elle aura permis aussi de dégager quelques éléments généraux précieux lors de l'étude de campagnes ultérieures menées sur le même site ou dans d'autres sites.

Au delà du présent travail de pure observation, on pourrait imaginer à l'avenir, l'utilisation d'un micro-émetteur, d'une bague d'identification, de marquages divers (fluorescents, couleurs...) pour repérer quelques individus appartenant aux espèces dont le pattern n'est pas, par lui-même, caractéristique d'une identité individuelle (comme c'est le cas chez la salamandre, cf. *supra*). D'ailleurs la salamandre est beaucoup plus nomade que les autres espèces d'Amphibiens qui, toutes, effectuent des migrations en «couloirs» au flux plus ou moins intense. Le niveau de nomadisme mériterait d'être quantifié au cours des mouvements durant la vie post-reproductrice des Amphibiens. Qu'en est-il des déterminismes (sexuel, nutritionnel...) et de leur mécanismes (hormones, phéromones, magnétisme...)? La confusion olfactive par l'emploi de leurres moléculaires a-t-elle seulement été envisagée par les naturalistes? Certes, ces études sont importantes mais leur mise en oeuvre est bien plus difficile *in natura* qu'à la «paillasse». En revanche, des expériences naturalistes fort simples mériteraient dans l'avenir d'être pratiquées sur site. Ainsi, retourner de 180 degrés un individu par rapport à sa trajectoire naturelle n'a pas été expérimenté de manière systématique, de même que les tests générant des perturbations des environnements sonores et/ou visuels.

La question des migrations des Amphibiens est, en réalité, un champ si vaste et si complexe qu'il ne se laisse pas facilement maîtriser.

VI. - REMERCIEMENTS

Ce travail est avant tout le résultat d'une action collective puisqu'il n'aurait pas pu voir le jour sans l'apport de nombreuses structures, dont principalement : le

Ministère de l'Environnement, le Muséum national d'Histoire naturelle, l'Office National des Forêts, le Conservatoire du patrimoine naturel de Champagne-Ardenne, la Direction départementale de l'Équipement, la Direction des routes et du logement, le Conseil supérieur de la Pêche, l'Institution interdépartementale des barrages-réservoirs, la Commission des recherches en nature de construction des routes suisses.

Notre recherche est également redevable de l'action efficace de très nombreuses personnes, dont des étudiants de la Faculté des Sciences de Reims regroupés dans l'association «CERISE» et de nombreux bénévoles qui se sont sentis motivés par notre travail de terrain.

Nous remercions vivement la Direction du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, Sylvie Bourrust et Thierry Tournebize, et le Président du Comité scientifique, Jean-Marc Thiollay, qui ont appuyé nos travaux et ont eu confiance dans leur aboutissement.

VII. - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BELLENOUE (S.), BERTRAM (K.) et PETIT (M.), 1995 (1997) - Les Amphibiens du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, IV. Objectifs et méthodes du programme "sur la route des Salamandres". *Courrier scientifique du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient* 19 : 18-37.

BENZÉCRI (J.P.), 1973 - L'analyse des données, t.2 : *L'analyse des correspondances*. Dunod, Paris.

DORÉ (J.C.) et RENOUE (M.), 1985 - Analyse multivariée des relations entre neuf molécules phéromonales et onze espèces de lépidoptères *Noctuidae*. *Acta Oecologica Oecol. Applic.*, 6, 3 : 269-284.

DORÉ (J.-C.), MICHELOT (D.), GORDON (G.), LABIA (R.), ZAGATTI (P.), RENOUE (M.) et DESCOINS (Ch.), 1986 - Approche factorielle des relations entre 8 tribus de lépidoptères *Tortricidae* et 41 molécules à effet attractif sur les mâles. *Annls Soc. ent. Fr.* (N.S.), 22,3 : 387-402.

DAJET (J.), 1976 - *Les modèles mathématiques en écologie*, Masson, Paris.

STEBBINS (R.C.) et Cohen (N.W.), 1995 - *A natural History of Amphibians*, Princeton University Press, New Jersey.

THIREAU (M.), 1988 - Les Amphibiens du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, II. Essai d'inventaire commenté avant l'implantation du bassin réservoir Aube. *Courrier scientifique du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient* 12 : 3-41.

THIREAU (M.), 1993 - Les Amphibiens du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, III. Etablissement d'un bilan dans le secteur du complexe de bassins-

réservoirs Aube (Temple-Auzon et Amance) avant sa mise en eau. *Courrier scientifique du Parc naturel de la Forêt d'Orient* 17 : 33-58.

TWITTY (V.C.), 1955 - Fiel experiments on the biology and genetic relationships of the Californian species of *Triturus*. *Journal of Experimental Zoology* 129 : 129-148.

VOLLE (M.), 1981 - *Analyse des données*. Economica, Paris (2^e éd.).

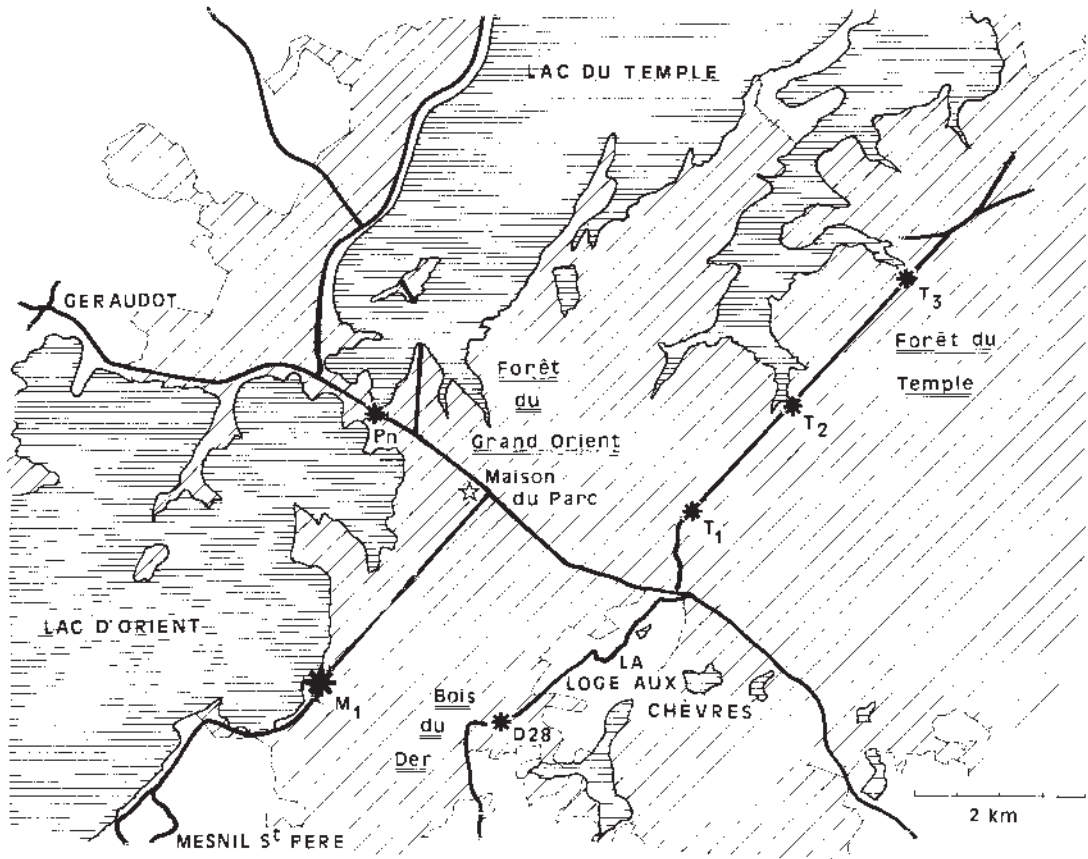


Fig.1: Carte de localisation (inspirée de celle de Bellenoue et *al.*, 1995:30, Fig.9) des sites de capture/relâcher des Amphibiens du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, à l'occasion de la campagne de recherche intitulée «Sur la route des Salamandres». Les sites M1 (Mesnil et Fontaine Collette), Pn (Pavillon Saint-Charles) se situent à proximité du lac d'Orient; ceux du Temple (T1, T2 et T3) sont proches des queues du lac Temple et celui, D28 (départementale 28), est voisin des étangs de La-Villeneuve-aux-Chêne; l'ensemble se situe au coeur du massif forestier d'Orient. Avec les données recueillies du 12 février au 24 avril 1995 en Mesnil (M1), cet article débute l'analyse des mouvements migratoires des Amphibiens.

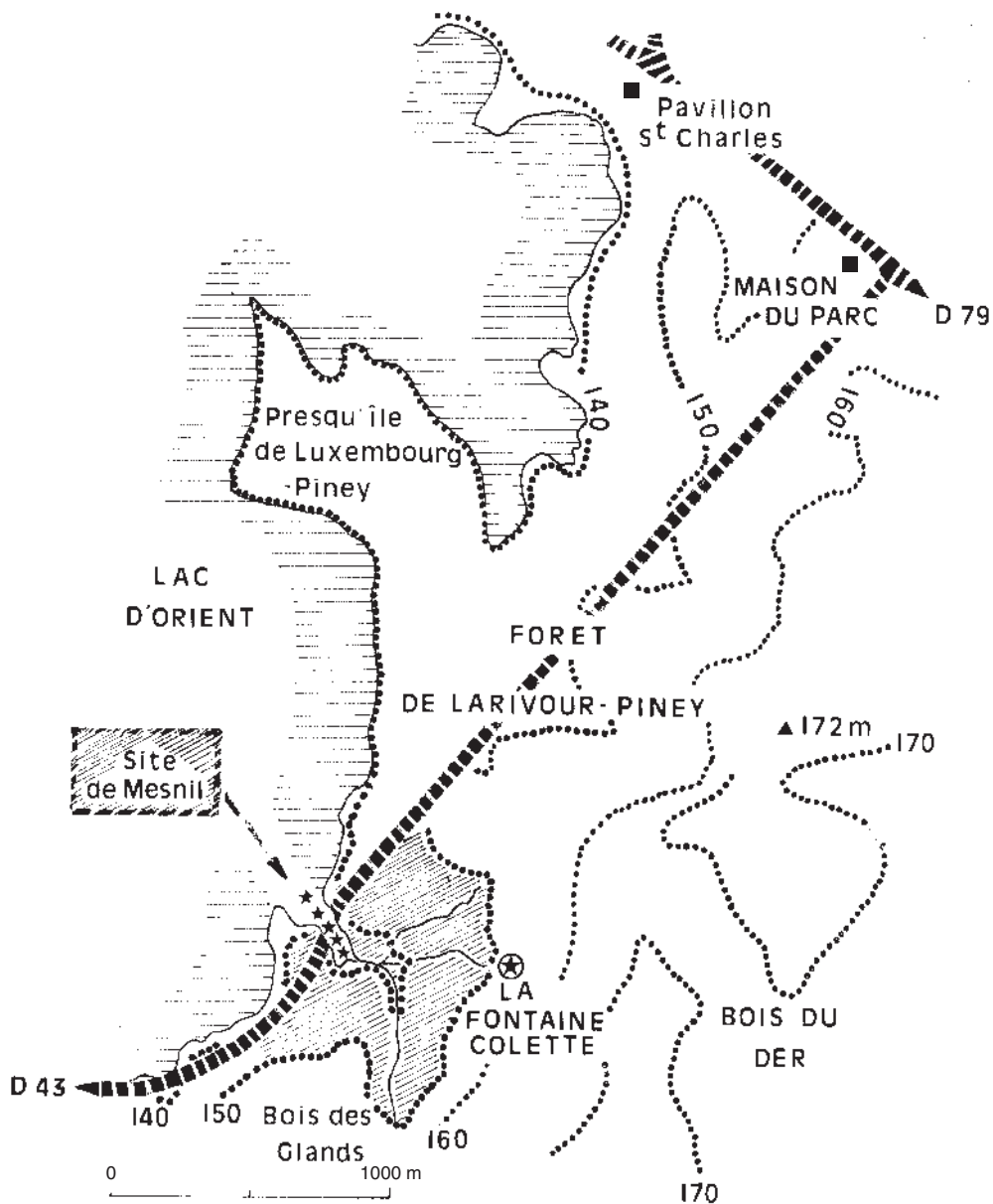


Fig.2: Le site de Mesnil se situe sur la départementale 43 à mi-chemin entre la Maison du Parc et le village de Mesnil-St-Père. A cet endroit, la chaussée franchit en remblai une queue du lac d'Orient. Une buse assure la connexion entre, à l'Est le massif forestier, et, à l'Ouest, le lac d'Orient. Elle permet de maintenir l'écoulement d'un rû (février, mars) venant de l'Est et gagnant le lac.

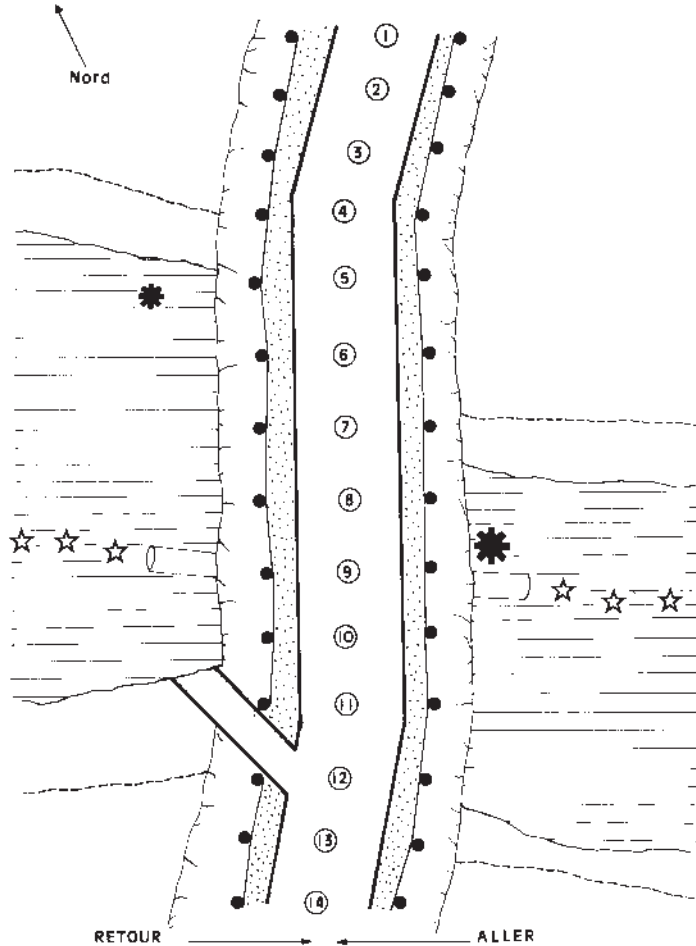


Fig.3: Un dispositif d'interception (bâche) et de collecte des Amphibiens (14 seaux aller et 14 seaux retour) a été mis en place durant toute la campagne, selon des intervalles assez réguliers et en suivant la technique mise au point par Bellenoue et *al.* (1995: 32, Fig.11).

Les observations sont à relier aux deux attracteurs principaux, l'eau du lac et le couvert forestier, entre lesquels le dispositif d'étude est installé. Mais un modèle expérimental *in natura*, simple en première approximation s'avère, dans le détail, d'une extraordinaire complexité. Cet article vise à faire apparaître des caractéristiques majeures et fiables.

Les étoiles blanches indiquent le cheminement des Amphibiens empruntant la buse. Les astérisques positionnent des mares temporaires, assez grande à l'Est et petite à l'Ouest. Quatorze seaux (cercles noirs) sont répartis derrière des bâches et de part et d'autre de la chaussée. Elle est franchie par les Amphibiens, à l'aller d'Est en Ouest et, au retour, d'Ouest en Est. En avril, le remplissage du lac pour limiter les crues en aval entraîne la disparition du rû qui se transforme en queue de lac dont la cote littorale figurée au 8 mai 1995 est voisine de la cote estivale maximale qui est figurée par un trait tiré.

| | JANV. | FEVR. | MARS | AVRI. | MAI | JUIN | JUIL. | AOUT | SEPT. | OCTO. | NOVB. | DECB. | |
|-----------|-------|-------|------|-------|-----|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|---|
| ADULTES | Ss | — | 05 | 10 | 05 | 01 | — | — | — | 10 | 01 | 01 | — |
| | Tc | — | — | 01 | 10 | — | — | 10 | 05 | — | — | — | — |
| | Ta | — | 05 | 10 | 05 | — | 05 | 05 | 05 | 05 | — | — | — |
| | Th | — | 05 | 10 | 05 | — | 05 | 05 | 05 | 05 | — | — | — |
| | Tv | — | 05 | 10 | 05 | — | 05 | 05 | 05 | — | — | — | — |
| | Bv | — | — | — | 05 | 05 | — | 05 | 10 | 05 | — | — | — |
| | Bb | — | 05 | 10 | 05 | 01 | 05 | 05 | 05 | 05 | 10 | 01 | — |
| | Rt | — | 10 | 05 | 01 | 05 | 05 | 05 | 05 | 05 | 10 | 01 | — |
| | Rd | — | 05 | 10 | 05 | 01 | 01 | 01 | 05 | 05 | 05 | — | — |
| | Re | — | 05 | 10 | 05 | 05 | 05 | 05 | 05 | 05 | 05 | — | — |
| IMMATURES | Ss | — | — | — | 01 | 01 | — | — | — | — | — | — | — |
| | Tc | — | — | — | 10 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | Ta | — | — | — | 05 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | Th | — | — | — | 05 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | Tv | — | — | — | 05 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | Bv | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | Bb | — | — | 01 | 05 | 01 | 05 | 05 | 05 | 05 | 05 | — | — |
| | Rt | — | — | — | 05 | 10 | 05 | 05 | 05 | 05 | 05 | — | — |
| | Rd | — | — | — | 05 | 01 | 01 | 01 | 05 | 05 | 05 | — | — |
| | Re | — | 05 | 10 | 05 | 05 | 05 | 05 | 05 | 05 | 05 | — | — |
| JUVENILES | Ss | — | — | — | — | — | 05 | — | — | — | — | — | — |
| | Tc | — | — | — | — | — | — | 05 | — | — | — | — | — |
| | Ta | — | — | — | — | — | — | 05 | 05 | 05 | — | — | — |
| | Th | — | — | — | — | — | — | 10 | 05 | 05 | — | — | — |
| | Tv | — | — | — | — | — | — | 10 | 05 | — | — | — | — |
| | Bv | — | — | — | — | — | — | 05 | 10 | 05 | — | — | — |
| | Bb | — | — | — | — | — | 05 | 10 | 05 | 05 | 05 | — | — |
| | Rt | — | — | — | — | — | — | 10 | 05 | 05 | 05 | — | — |
| | Rd | — | — | — | — | — | — | 10 | 05 | 05 | 05 | — | — |
| | Re | — | — | — | — | — | — | 05 | 05 | 05 | 05 | — | — |

Fig.4: Données, pour l'ensemble de la Forêt d'Orient, sur l'importance relative (00,01,05,10) des déplacements à terre des individus des diverses espèces d'Amphibiens (Ss = *Salamandra salamandra terrestris*, Tc = *Triturus cristatus*, Ta = *Triturus alpestris*, Th = *Triturus helveticus*, Tv = *Triturus vulgaris*; Bv = *Bombina variegata*, Bb = *Bufo bufo*, Rt = *Rana temporaria*, Rd = *Rana dalmatina*, Re = *Rana esculenta*) selon leur état (adulte, immature ou juvénile) et l'époque d'observation dans l'année (janvier à décembre). Ce tableau, qui permet une analyse factorielle préalable à l'étude du site de Mesnil1, est établi à partir de Bellenoue et al. (1995: 23, Fig.2).

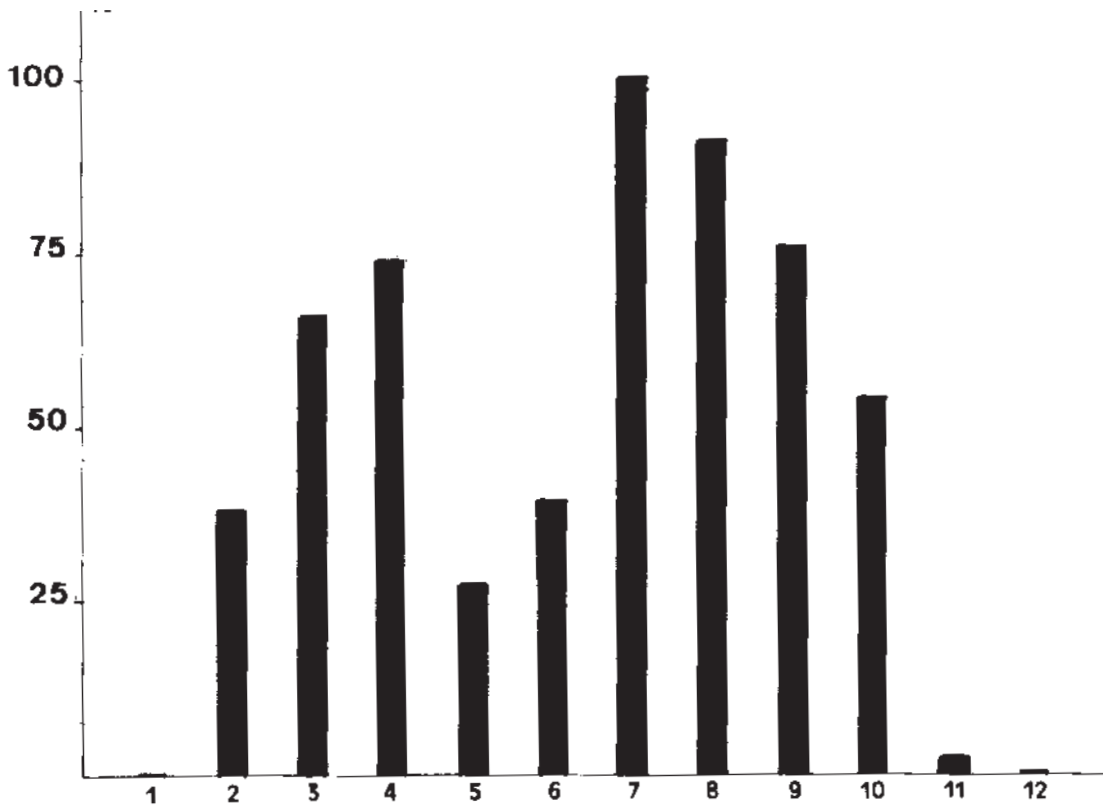


Fig.5: Importance relative des déplacements terrestres de l'ensemble des Amphibiens dans le Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, selon le mois de l'année, et en % du pic du mois de juillet (noté 7 en abscisse).

On remarque deux vagues, fort nettes, de déplacement à terre, l'une au printemps et l'autre en été. La «vague printanière» dure trois mois, s'amorce en février (2) et s'amplifie jusqu'en avril (4); elle correspond aux migrations de reproduction. Dans cet article, c'est elle qui, avec le site de Mesnil1, fait l'objet d'une analyse détaillée. La «vague estivale» dure six mois (mai/octobre) avec un optimum en juillet. La reproduction des adultes étant terminée, elle exprime des déplacements en vue essentiellement de la nutrition, aussi bien des adultes que des immatures et juvéniles. L'hibernation des individus dans un site favorable s'accompagne d'une quasi absence de déplacements au cours des mois de novembre (11), décembre (12) et janvier (1).

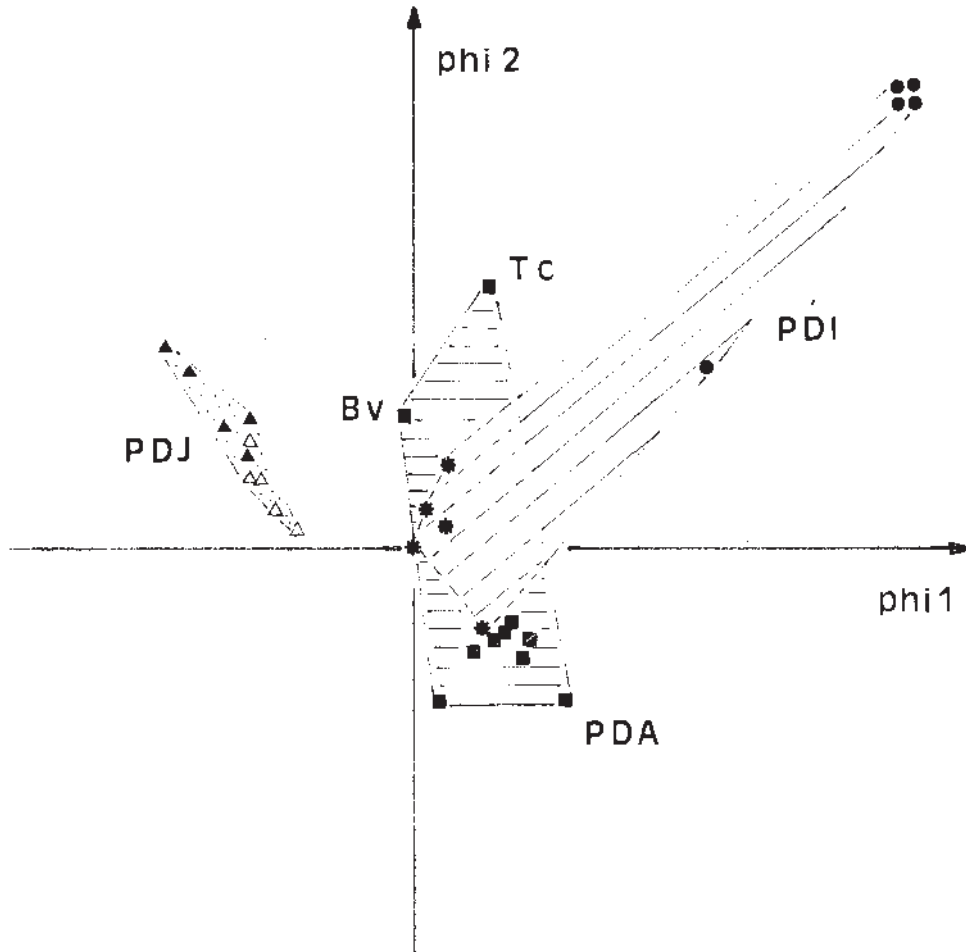


Fig.6a: Projection factorielle, selon les axes phi1 et phi2, des adultes, immatures, et juvéniles des 10 espèces d'Amphibiens en déplacement terrestre dans le Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, et avec suivi annuel.

Le polygone de dispersion factorielle des juvéniles (PDJ figuré en pointillés) s'isole sans ambiguïté et permet de distinguer les Urodèles (triangles noirs) des Anoures (triangles blancs). Le polygone de dispersion factorielle des immatures (PDI figuré en hachures obliques) isole, lui aussi, les Urodèles (points noirs) des Anoures (astérisques). Les adultes (carrés noirs) ne permettent pas de séparer les Urodèles des Anoures. En revanche, le polygone de dispersion factorielle des Amphibiens adultes (PDA figuré en hachures horizontales) marginalise des espèces héliophiles: *Triturus cristatus* (T.c.) et *Bombina variegata* (B.v.).

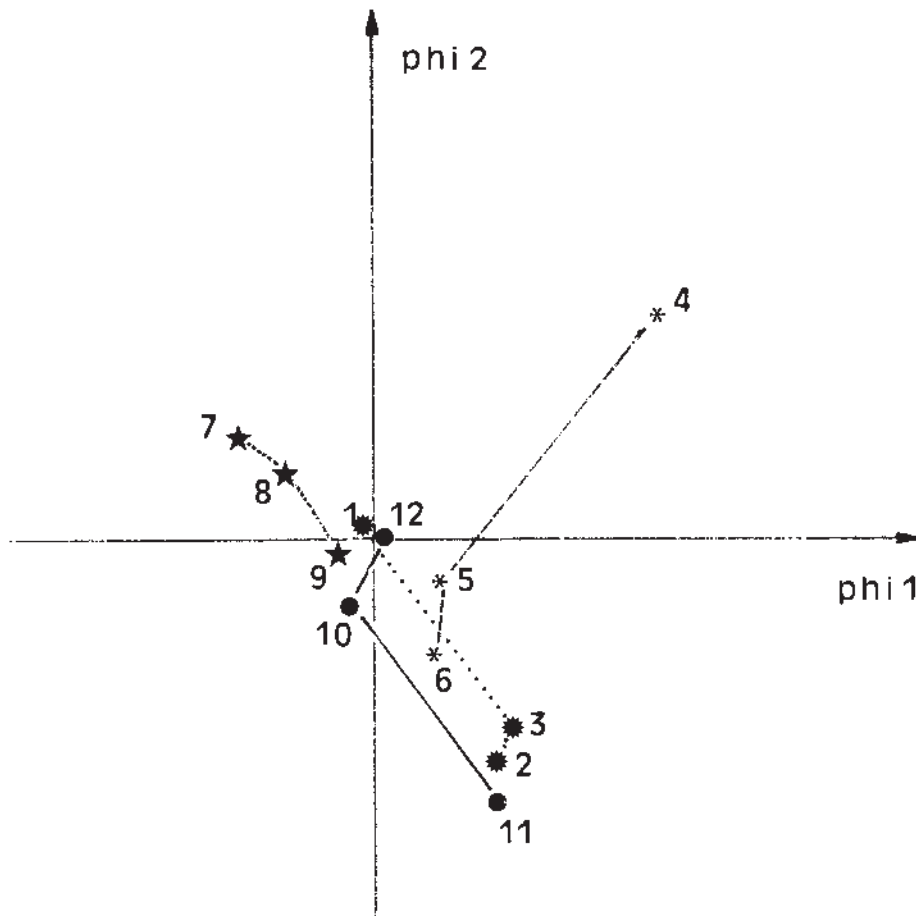


Fig.6b: Projection factorielle, selon les axes phi1 et phi2, de tous les individus des 10 espèces d'Amphibiens du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient, pour chacun des mois de l'année (janvier = 1, etc...).

L'été (7, 8 et 9) s'isole de toutes les autres saisons et s'oppose bien au printemps (4, 5 et 6) selon l'axe phi1. L'automne (10, 11 et 12) et l'hiver (1, 2 et 3) s'individualisent assez difficilement l'un de l'autre. Le mois d'avril (4) qui a l'individualisation optimale est au plus fort des migrations de reproduction. Juillet (7), le plus excentré des mois d'été, enregistre l'apogée des déplacements de nutrition. L'ensemble automne/hiver se distingue par les mois de février (2) et mars (3) qui enregistrent les deux premiers tiers de la vague migratoire de reproduction. Ils se trouvent associés au mois de novembre (11) dont la contribution relative est faible.

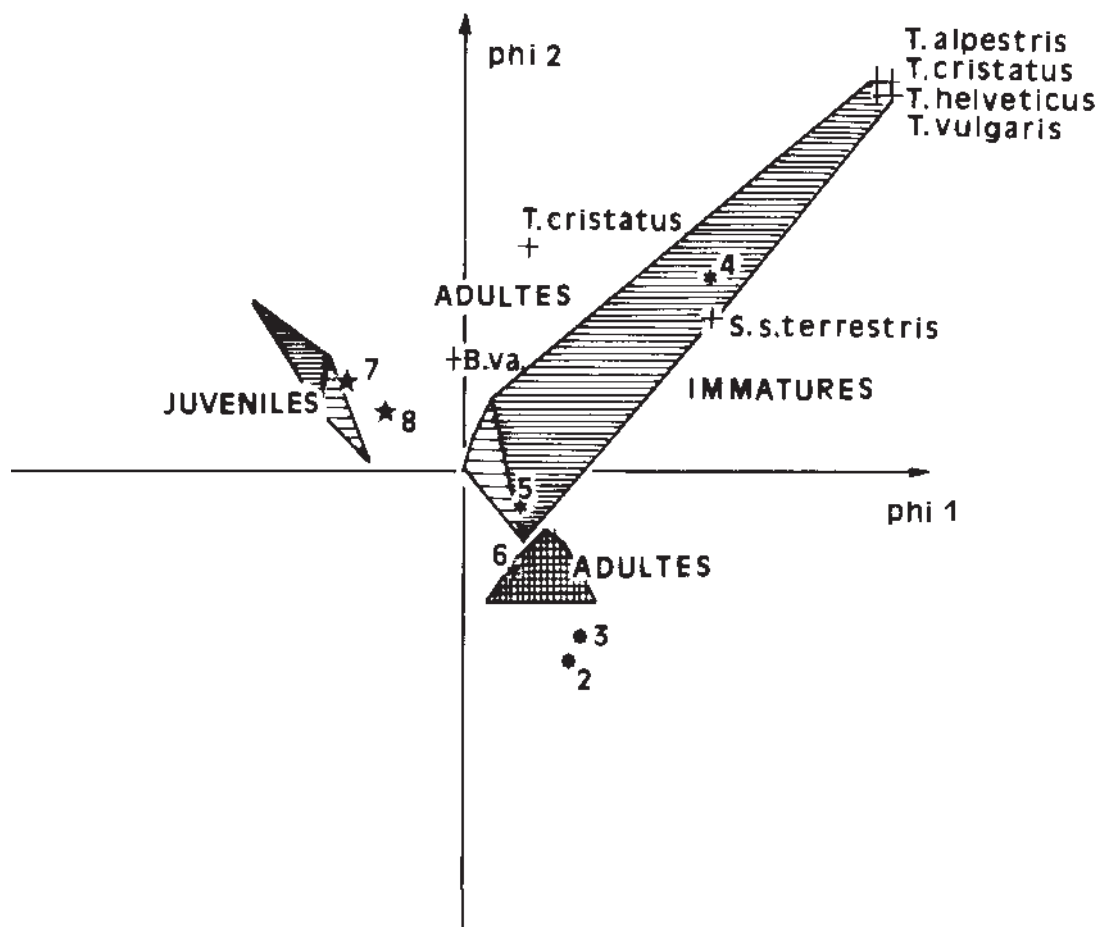


Fig.6c: La superposition des cartes factorielles 6a et 6b permet d'établir la correspondance entre catégories d'espèces d'Amphibiens en déplacement dans le Parc naturel régional de la Forêt d'Orient et les mois de l'année les plus concernés.

Les juvéniles d'Amphibiens ont tendance à se déplacer aux mois de juillet (7) et août (8), c'est à dire au moment de l'émergence (après la reproduction des adultes et la croissance larvaire). Les immatures d'Urodèles se déplacent surtout en avril (4), il s'agit d'individus nés, par exemple, en 1994, 1993 (voire 1992) qui sortent de l'hibernation de 1995, après une stabilisation des minimaux thermiques. Les adultes se déplacent surtout en février (2) et mars (3), lors des migrations de reproduction qui précèdent une stabilisation des minimaux thermiques autorisant une prise de nourriture. Cette vague migratoire reproductrice semblait atteindre un optimum en avril (cf. Fig.5). L'analyse factorielle des correspondances montre que, précisément en avril, a lieu aussi d'importantes migrations de nutrition des Urodèles immatures. Ainsi donc, le pic des migrations de reproduction serait atteint en mars, plutôt qu'en avril comme on aurait pu le croire.

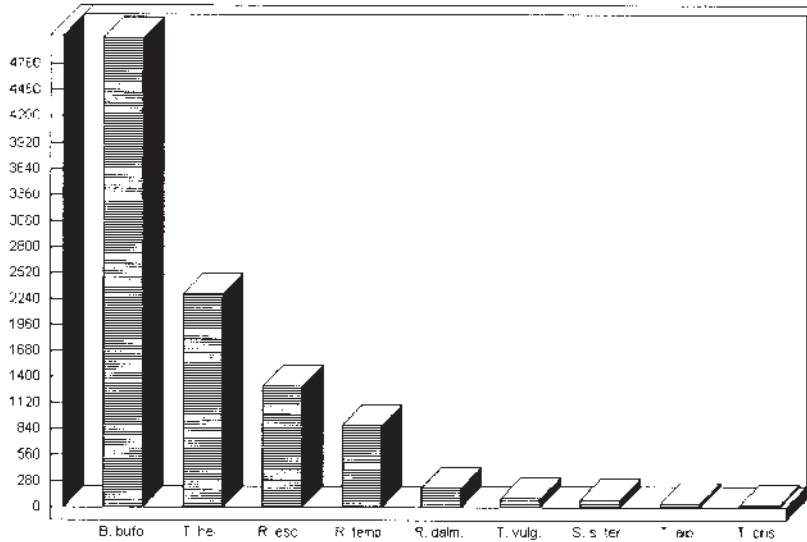


Fig.7: Effectifs cumulés (aller+retour) des 9 espèces d'Amphibiens au site de Mesnil pendant la campagne du 12/II au 24/IV 1995. Il existe un facteur 50 environ entre les espèces les moins bien représentées (*Triturus vulgaris*, *Salamandra salamandra terrestris*, *Triturus alpestris*, *Triturus cristatus*) et *Bufo bufo*. Un tel résultat suggère d'importantes différences dans le volume des populations d'Amphibiens dans un site donné du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient.

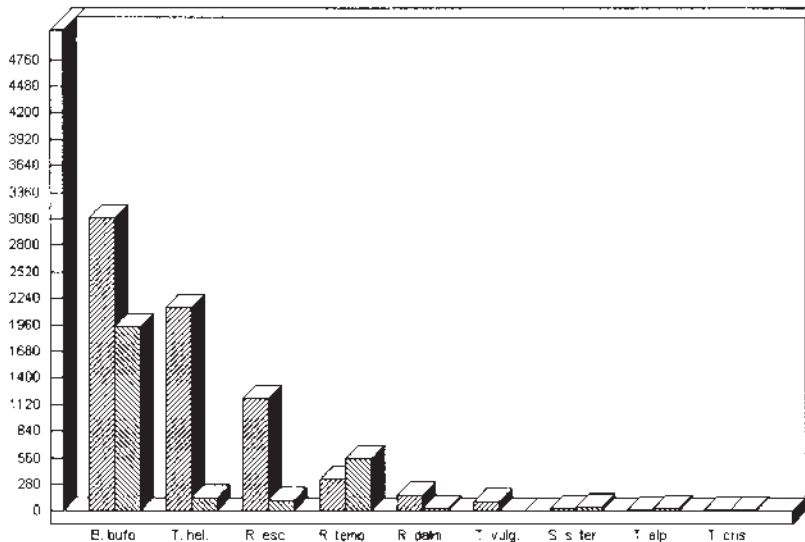


Fig.8: Effectifs aller (à gauche) et retour (à droite) pour chacune des 9 espèces d'Amphibiens en migration au site de Mesnil pendant la campagne du 12/II au 24/IV 1995. L'équilibre théorique qui verrait, pour une espèce, un nombre équivalent d'individus à l'aller puis au retour n'est jamais respecté (à gauche du diagramme) avec les effectifs élevés; les effectifs faibles (à droite) peuvent difficilement être tenus pour significatifs.

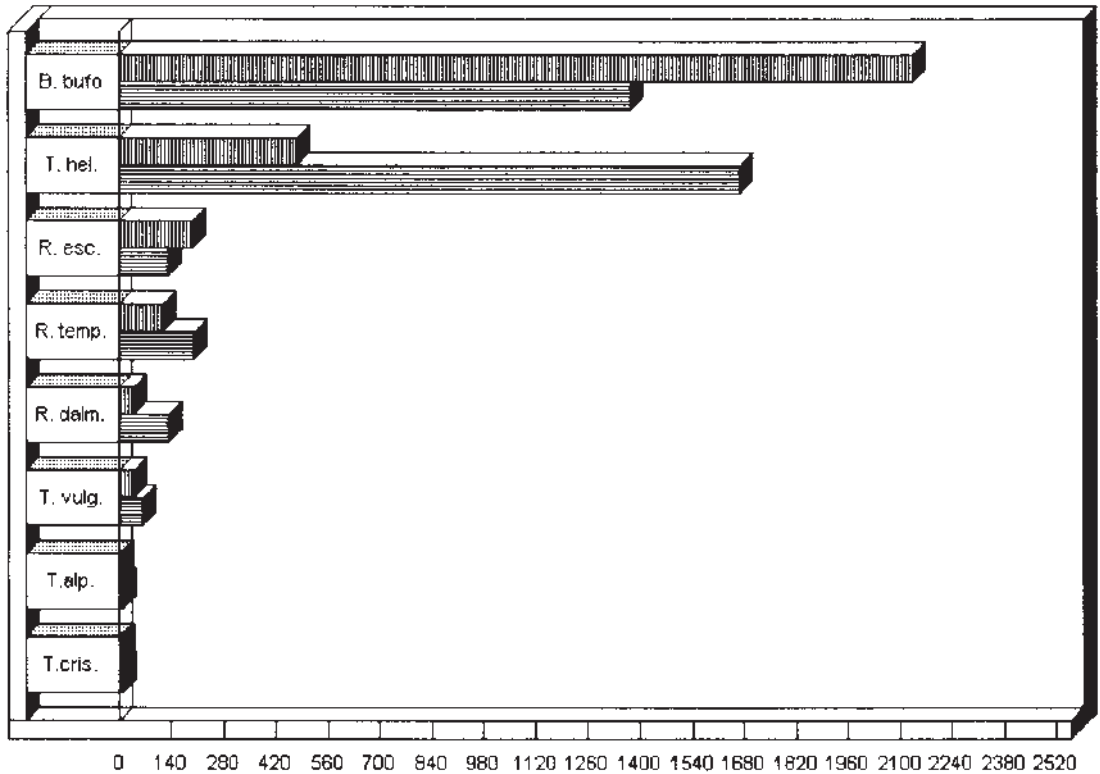


Fig.9: La sex-ratio théorique de 1/2 n'est jamais respectée au cours de la migration des Amphibiens en Mesnil (12/II au 24/IV 1995; mâles: figuré vertical; femelles: figuré horizontal). Des facteurs tels que la frénésie reproductrice des mâles (chez *Bufo bufo*), la passivité des mâles et/ou le manque d'attrait des femelles (grenouilles brunes), ou encore la pulsion de ponte des femelles et la pulsion sexuelle différée des mâles (Urodèles), peuvent fournir des éléments d'explication.

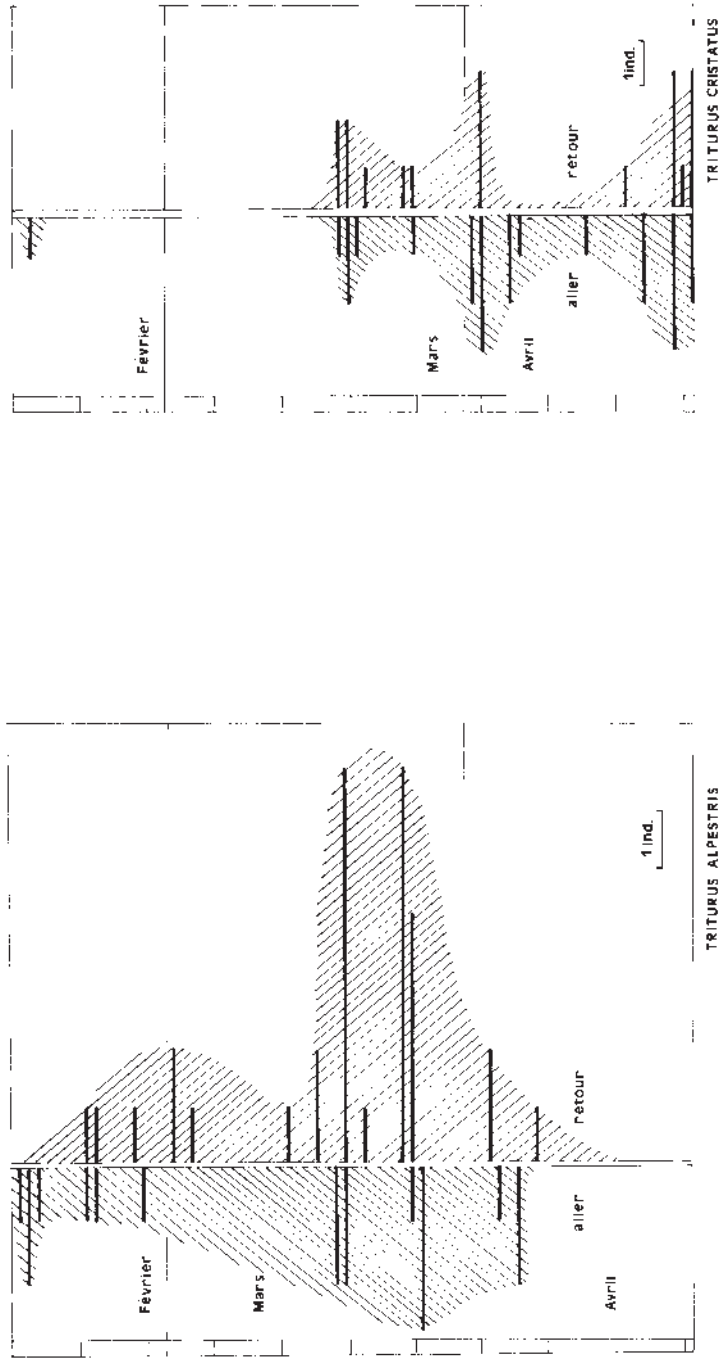


Fig.10a : Dynamique migratoire des cinq espèces d'Amphibiens Urodèles entre le 12/II et le 24/IV 1995, sur le site de Mesmill. Pour chaque espèce l'aller (A) figure à gauche et le retour (R) à droite de l'axe du temps II. Pour le parcours aller les effectifs ont été normalisés à une constante de 100 représentée par la somme des dénombrements quotidiens illustrés par des barres d'histogramme. Le retour est en % des effectifs aller (R/A x 100). Ainsi les effectifs aller et retour sont sensiblement équivalents chez *Triturus alpestris*, *Salamandra salamandra terrestris* et *Triturus cristatus*; en revanche, un déficit considérable au retour s'observe chez *Triturus helveticus* et *Triturus vulgaris*. Les vagues migratoires sont figurées par un lissage hachuré qui réduit l'influence des interruptions dues principalement à des conditions météorologiques défavorables. *Triturus helveticus*, et aussi *Triturus alpestris*, sont des migrateurs précoces (dès le 15 février), contrairement à *Triturus cristatus*, *Salamandra salamandra terrestris* et *Triturus vulgaris* qui ont une plage migratoire étendue. Le décalage du retour (après ponte) est généralement peu apparent (ex. *Triturus vulgaris*), hormis pour *Triturus helveticus* et *Triturus vulgaris*, dont le retour est à peine observé (cf texte).

Nota : *Triturus vulgaris*, *Triturus helveticus* et *Salamandra s. terrestris* figurent à la page suivante.

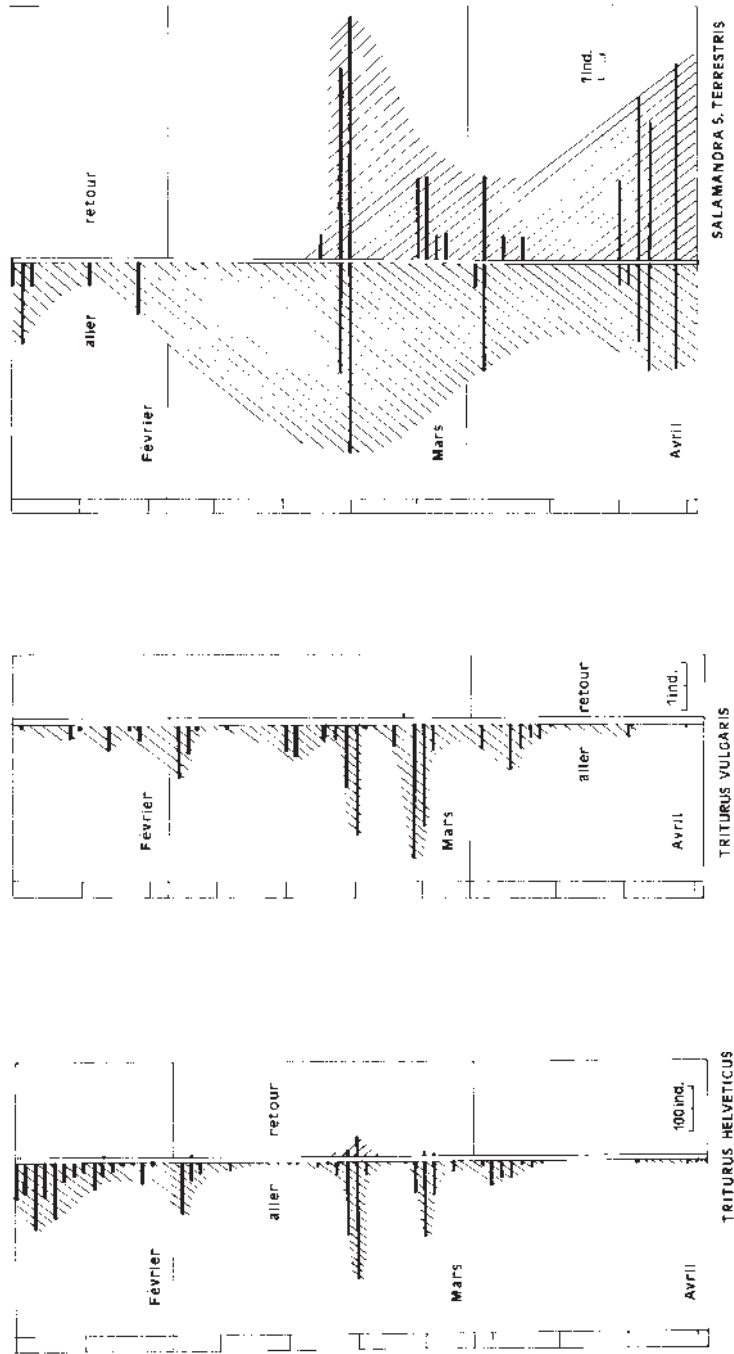


Fig.10a (suite): Dynamique migratoire des cinq espèces d'Amphibiens Urodèles entre le 12/II et le 24/IV 1995, sur le site de Mesnil. Pour chaque espèce l'aller (A) figure à gauche et le retour (R) à droite de l'axe du temps II. Pour le parcours aller les effectifs ont été normalisés à une constante de 100 représentée par la somme des dénombrements quotidiens illustrés par des barres d'histogramme. Le retour est en % des effectifs aller (R/A x 100). Ainsi les effectifs aller et retour sont sensiblement équivalents chez *Triturus alpestris*, *Salamandra salamandra terrestris* et *Triturus cristatus*; en revanche, un déficit considérable au retour s'observe chez *Triturus helveticus* et *Triturus vulgaris*. Les vagues migratoires sont figurées par un lissage hachuré qui réduit l'influence des interruptions dues principalement à des conditions météorologiques défavorables. *Triturus helveticus*, et aussi *Triturus alpestris*, sont des migrateurs précoces (dès le 15 février), contrairement à *Triturus cristatus*, *Salamandra salamandra terrestris* et *Triturus vulgaris* qui ont une plage migratoire étendue. Le décalage du retour (après ponte) est généralement peu apparent (ex. *Triturus vulgaris*), hormis pour *Triturus helveticus* et *Triturus vulgaris*, dont le retour est à peine observé (cf texte).

Nota : *Triturus alpestris* et *Triturus cristatus* figurent à la page précédente.

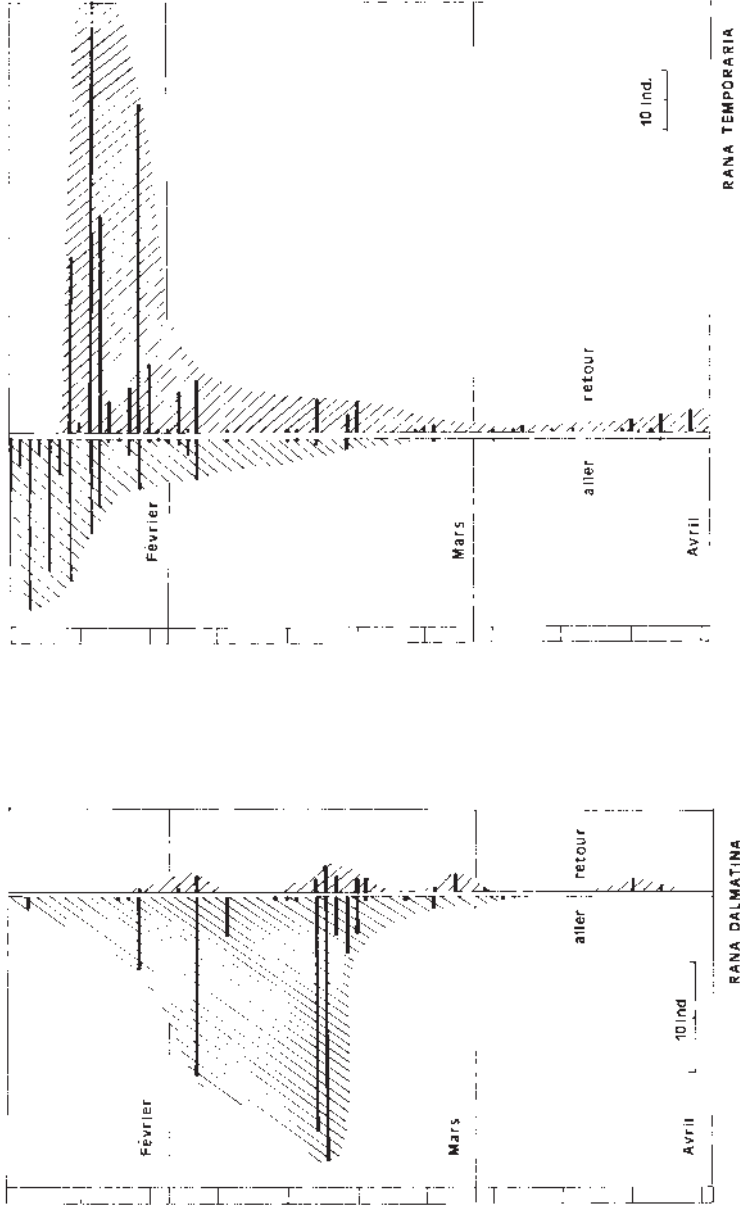


Fig.10b: Dynamique migratoire des quatre espèces d'Amphibiens Anoures entre le 12/II et le 24/IV 1995, sur le site de Mesnil. Pour chaque espèce l'aller (A) figure à gauche et le retour (R) à droite de l'axe du temps II. Pour le parcours aller les effectifs ont été normalisés à une constante de 100 représentée par la somme des dénombrements quotidiens illustrés par des barres d'histogramme. Le retour est en % des effectifs aller (R/A x 100). Ainsi les effectifs aller et retour sont sensiblement équivalents chez *Rana temporaria*, et *Bufo bufo*; en revanche, un déficit considérable au retour s'observe chez *Rana dalmatina* et *Rana esculenta*. Les vagues migratoires sont figurées par un lissage hachuré qui réduit l'influence des interruptions dues principalement à des conditions météorologiques défavorables. *Rana temporaria*, est un migrateur précoce (dès le 15 février) tandis que *Rana esculenta* et *Bufo bufo* sont des migrateurs tardifs (fin mars/début avril); *Rana dalmatina* présente un pic migratoire important au milieu de la plage d'observation (15 mars). Le décalage entre la migration aller et le retour est très prononcé chez *Bufo bufo* (15 jours environ), il est encore sensible chez *Rana temporaria* (8 jours environ), et inobservable chez *Rana dalmatina* et *Rana esculenta*, dont le retour n'est pas enregistré.

Nota : *Rana esculenta* et *Bufo bufo* figurent à la page suivante.

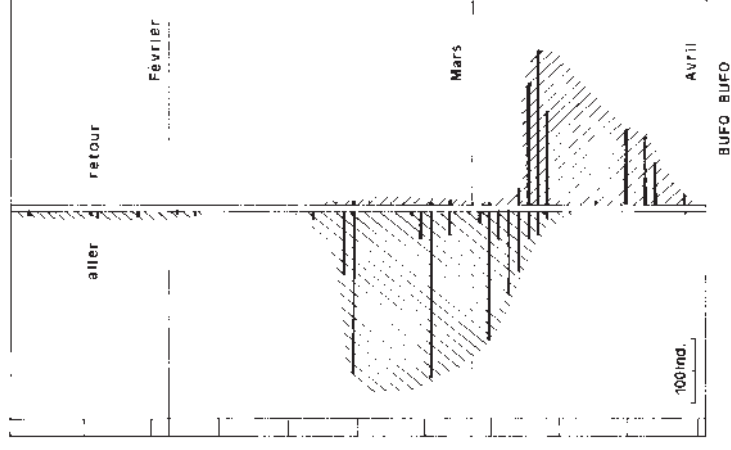
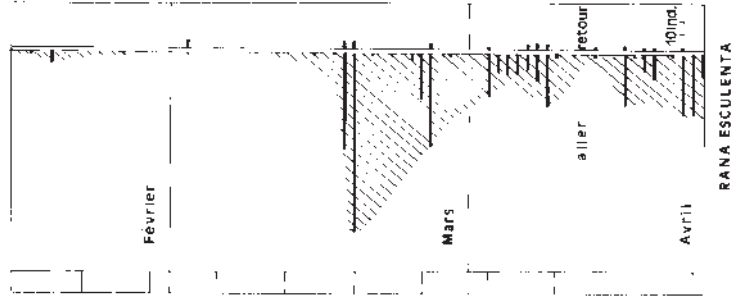


Fig.10b (suite) Dynamique migratoire des quatre espèces d'Amphibiens Anoures entre le 12/II et le 24/IV 1995, sur le site de Mesnil. Pour chaque espèce l'aller (A) figure à gauche et le retour (R) à droite de l'axe du temps II. Pour le parcours aller les effectifs ont été normalisés à une constante de 100 représentée par la somme des dénombrements quotidiens illustrés par des barres d'histogramme. Le retour est en % des effectifs aller (R/A x 100). Ainsi les effectifs aller et retour sont sensiblement équivalents chez *Rana temporaria*, et *Bufo bufo*; en revanche, un déficit considérable au retour s'observe chez *Rana dalmatina* et *Rana esculenta*. Les vagues migratoires sont figurées par un lissage hachuré qui réduit l'influence des interruptions dues principalement à des conditions météorologiques défavorables. *Rana temporaria*, est un migrateur précoce (dès le 15 février) tandis que *Rana esculenta* et *Bufo bufo* sont des migrants tardifs (fin mars/début avril); *Rana dalmatina* présente un pic migratoire important au milieu de la plage d'observation (15 mars). Le décalage entre la migration aller et le retour est très prononcé chez *Bufo bufo* (15 jours environ), il est encore sensible chez *Rana temporaria* (8 jours environ), et inobservable chez *Rana dalmatina* et *Rana esculenta*, dont le retour n'est pas enregistré.

Nota : *Rana dalmatina* et *Rana temporaria* figurent à la page précédente.

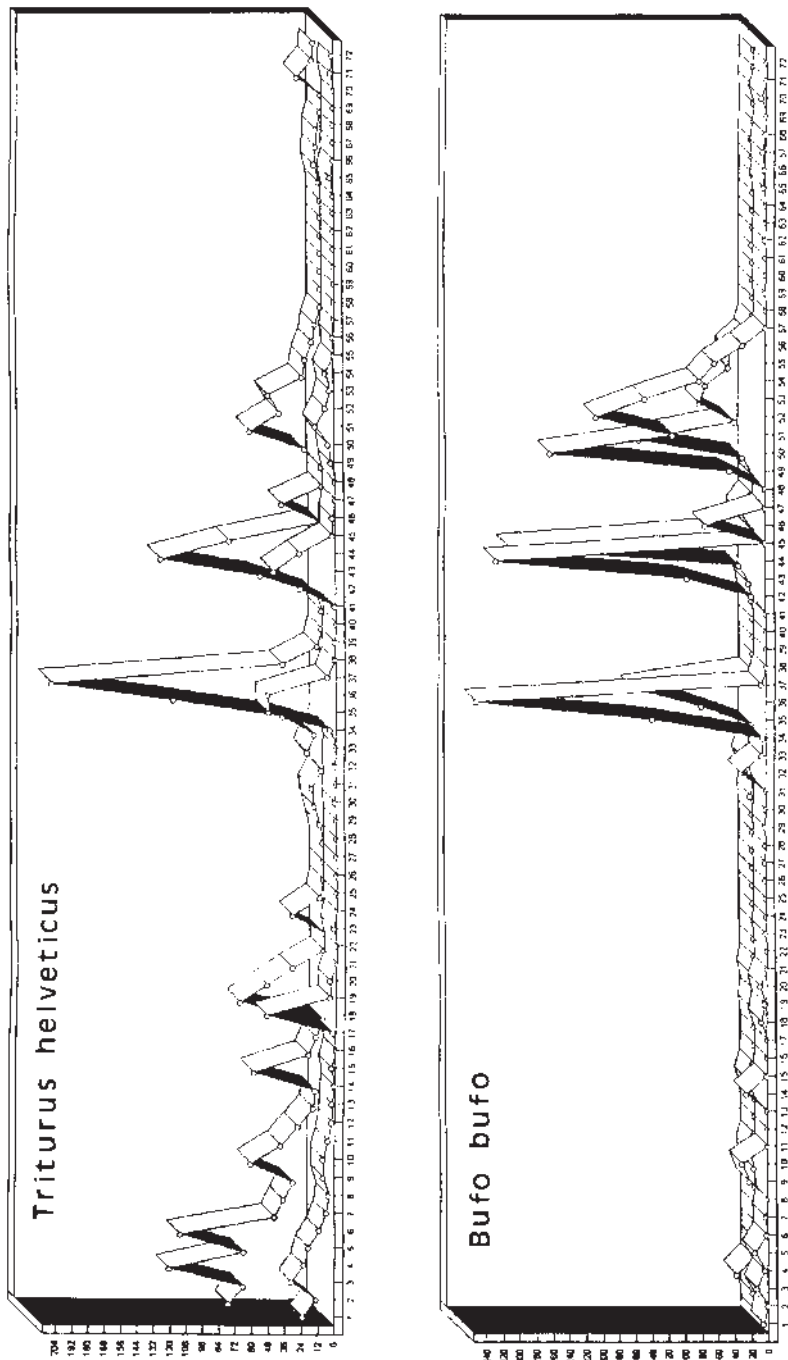


Fig.11: Chez *Bufo bufo* (en bas), le synchronisme migratoire entre mâles (au premier plan) et femelles (au second plan) est tout à fait évident avec toujours un avantage numérique pour les mâles. Chez *Triturus helveticus* (même disposition relative des sexes) un tel synchronisme est moins net surtout au début de la migration de reproduction où les femelles se «hâtent» d'aller pondre, leur accompagnement par les mâles est modéré et d'un synchronisme tardif.

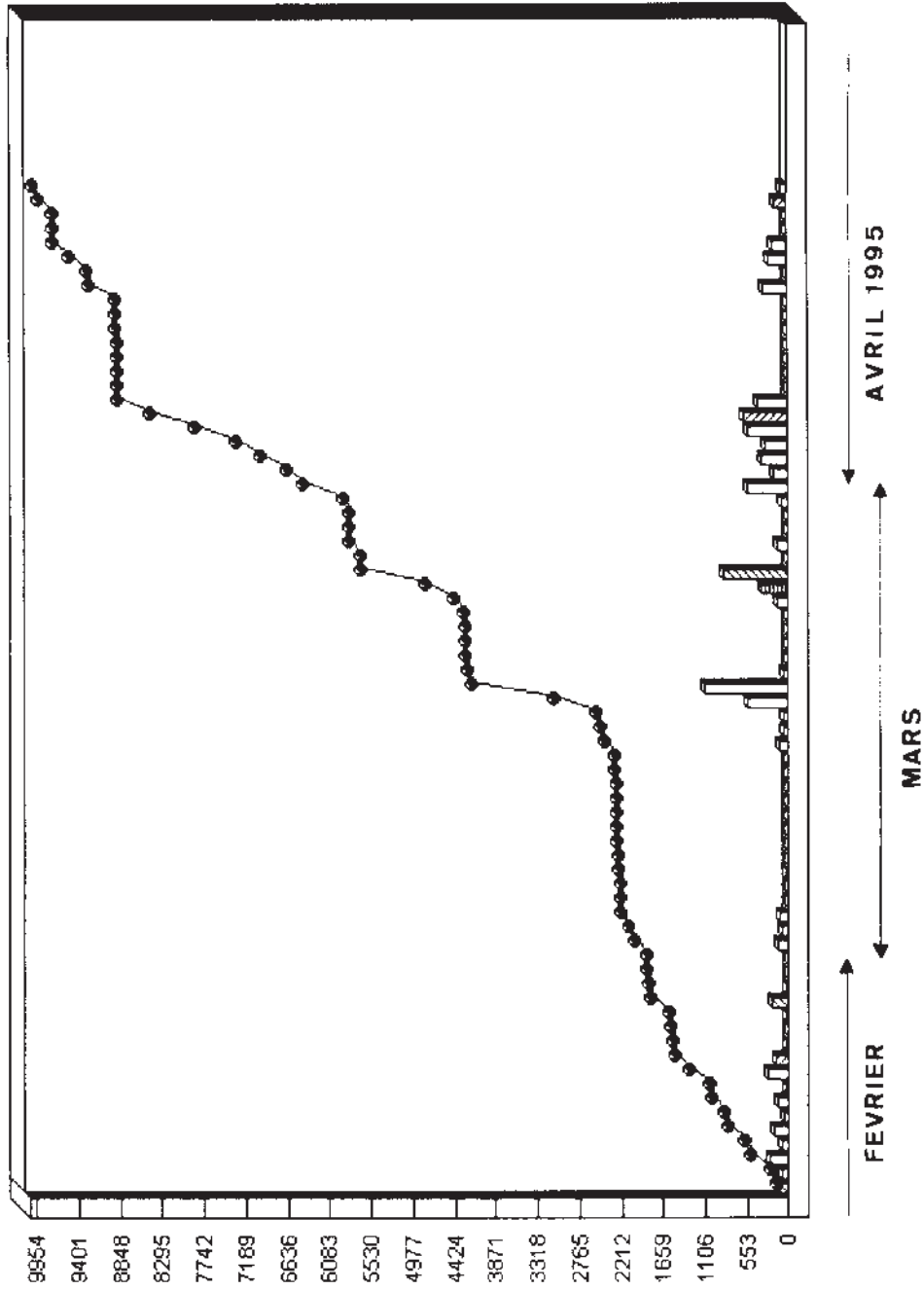


Fig.12: Toutes espèces confondues, et les deux migrations étant cumulées, il semble qu'il y ait des poussées de migration pendant des périodes privilégiées (de mi-mars à début avril). Ces poussées sont figurées par d'importants pics journaliers traduits par la hauteur des barres d'histogrammes et les ruptures de pente de la courbe cumulée. La pente de cette dernière s'accroît fortement à partir du 18 février 1995.

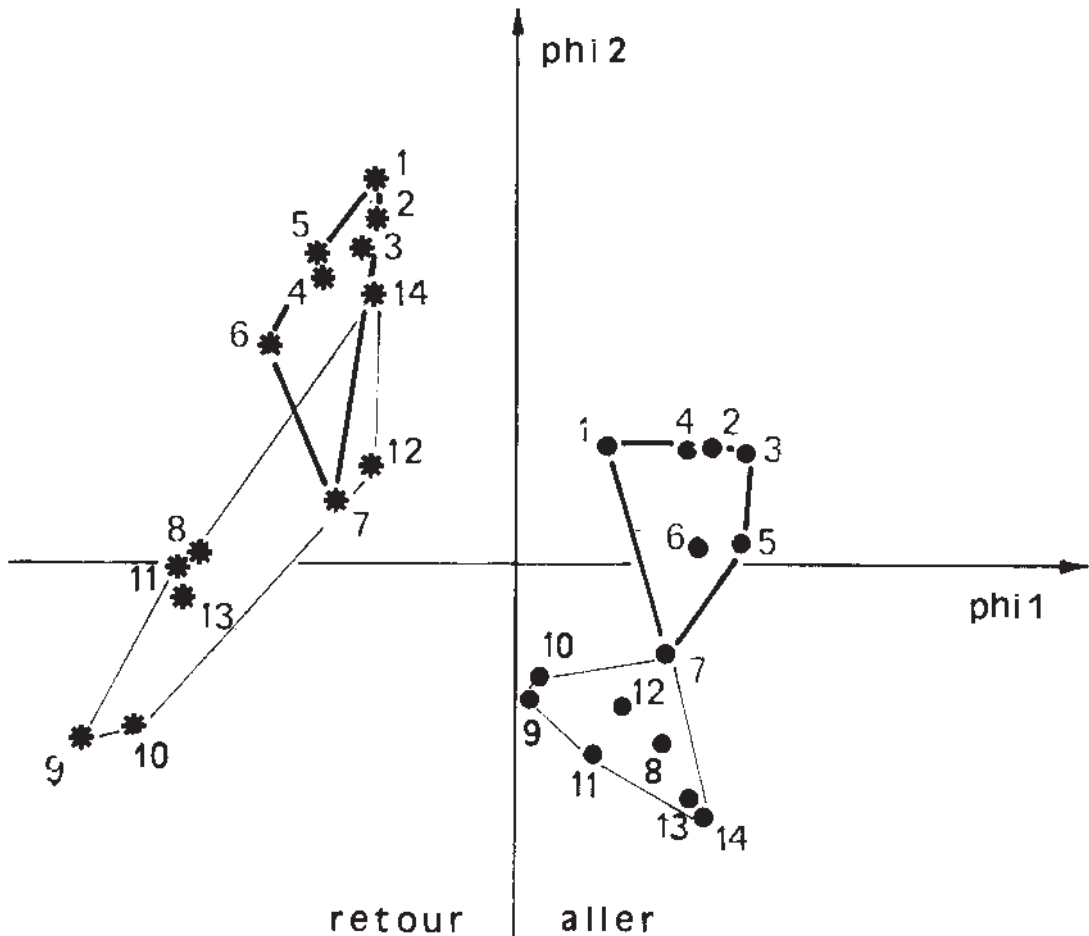


Fig.13a: Carte factorielle (obtenue en ϕ_1/ϕ_2) des effectifs des Amphibiens, à l'aller et au retour, dans les seaux disposés au site de Mesnil, lors de la campagne 1995.

Le fait que les seaux «aller» se projettent en coordonnées positives et les seaux «retour» en coordonnées négatives sur ϕ_1 montre des différences de stratégie migratoire. D'ailleurs les seaux situés au nord (1 à 7) se distinguent de ceux situés au sud (8 à 14) et plus à l'aller qu'au retour. Un tel résultat suggère l'existence de couloirs de migration, principalement à l'aller.

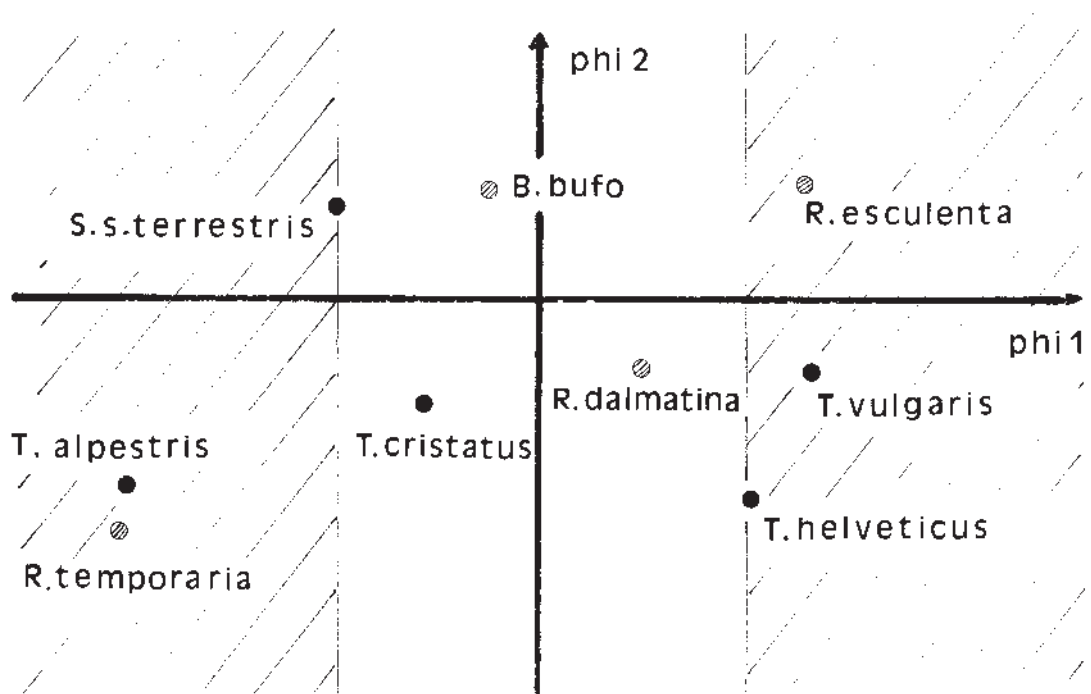


Fig.13b: Carte factorielle (obtenue en phi1/phi2) des effectifs des diverses espèces d'Amphibiens à l'aller et au retour, au site de Mesnil1, lors de la campagne 1995.

Les Anoures sont figurés par un cercle hachuré tandis que les Urodèles sont représentés par un cercle noir. On remarque que, selon phil, *Bufo bufo*, *Rana dalmatina* et *Triturus cristatus* sont peu éloignés de zéro; en revanche, *Triturus alpestris*, *Rana temporaria* mais aussi *Salamandra salamandra terrestris* se projettent en valeurs négatives tandis que *Triturus vulgaris*, *Triturus helveticus* et *Rana esculenta* se projettent en valeurs positives. Il n'y a donc aucune "logique supraspécifique" dans la dispersion factorielle des espèces.

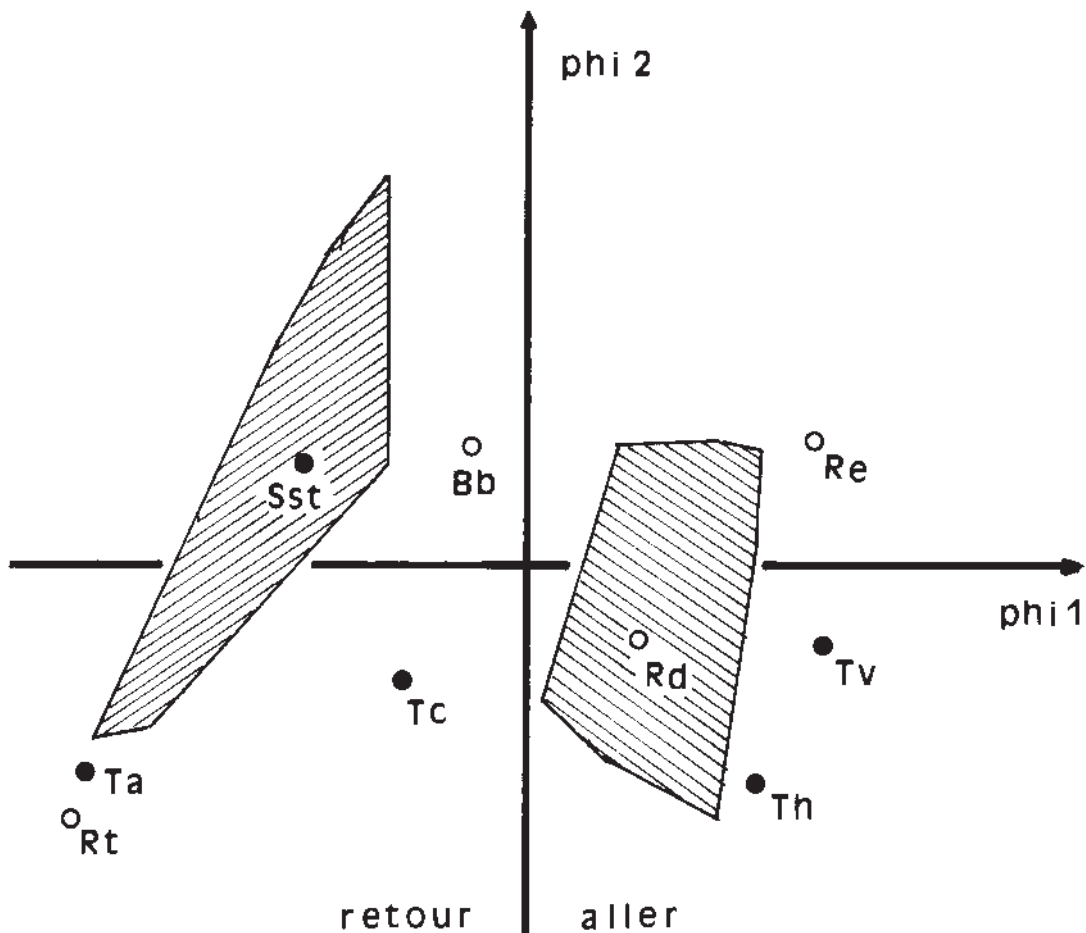


Fig.13c: La superposition des cartes factorielles 13a et 13b permet d'établir la correspondance entre les seaux aller et certaines espèces d'une part et les seaux retour et d'autres espèces d'autre part, pour les Amphibiens en déplacement au site de Mesnil1, au cours de la campagne 1995.

C'est ainsi que l'aller est important pour *Rana esculenta* et *Triturus vulgaris* qui semblent venir spécialement du massif forestier pour migrer vers leur site de reproduction, tandis que *Triturus alpestris* et *Rana temporaria* gagnent massivement le massif forestier, une fois leur reproduction accomplie. Cette interprétation ne préjuge en rien des sites hors printemps des espèces d'Amphibiens, elle ne permet que l'analyse des passages dans une fenêtre printanière (du 12 février au 24 avril 1995).

Nota : Les Anoures étudiés sont *Bufo bufo* (Bb), *Rana dalmatina* (Rd), *Rana esculenta* (Re) et *Rana temporaria* (Rt); les Urodèles étudiés sont *Salamandra salamandra terrestris* (Sst), *Triturus alpestris* (Ta), *Triturus cristatus* (Tc), *Triturus helveticus* (Th) et *Triturus vulgaris* (Tv).

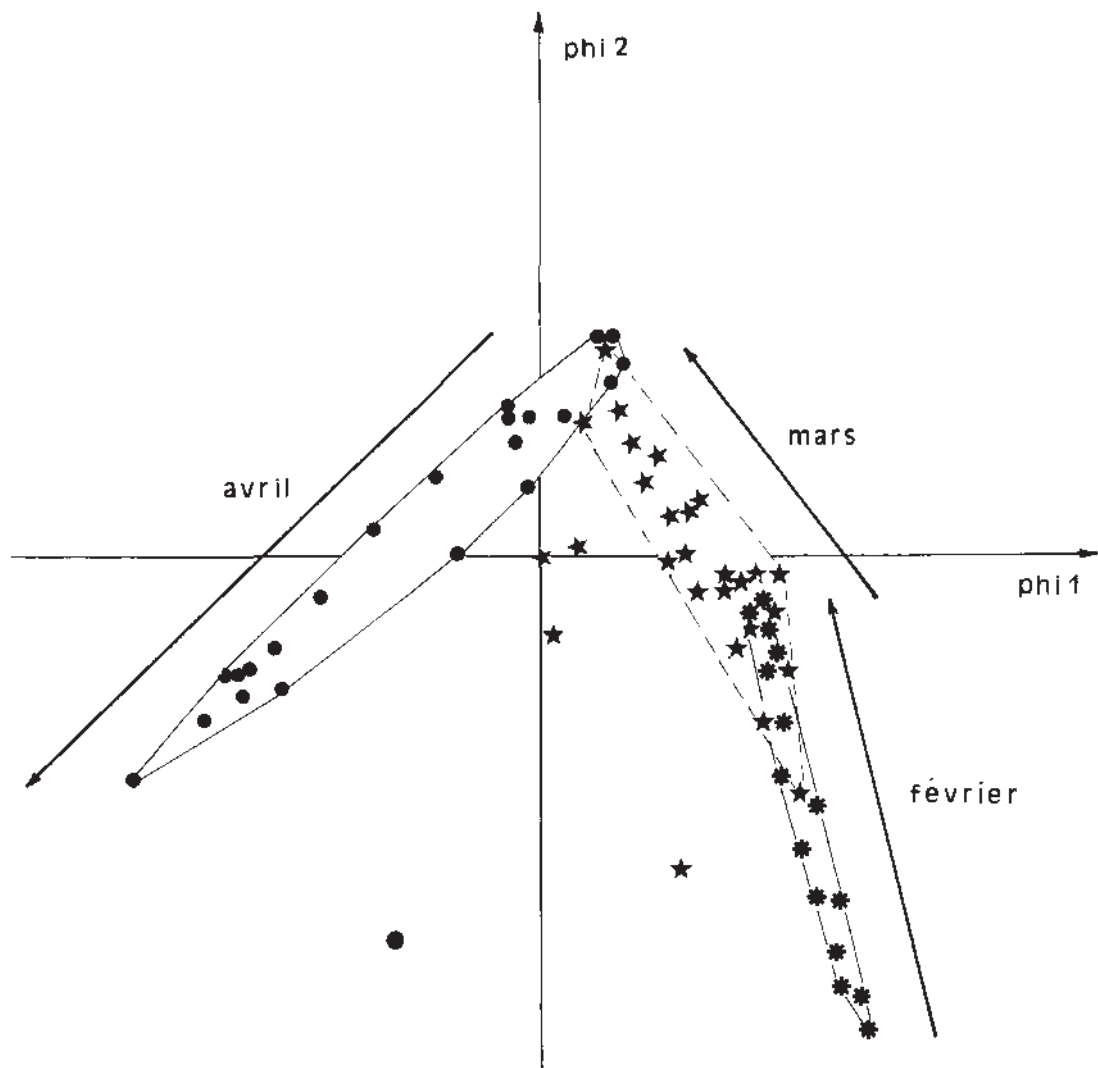


Fig.14a: Carte factorielle (suivant phi1/phi2) des effectifs d'Amphibiens recueillis dans les seaux au cours du temps au lieu dit du Mesnil pendant la campagne du 12/II au 24/IV 1995. La "flèche du temps" est bien représentée par une succession de dispersions factorielles en février (polygone des astérisques), puis en mars (polygone des étoiles) et enfin en avril (polygone des cercles noirs).

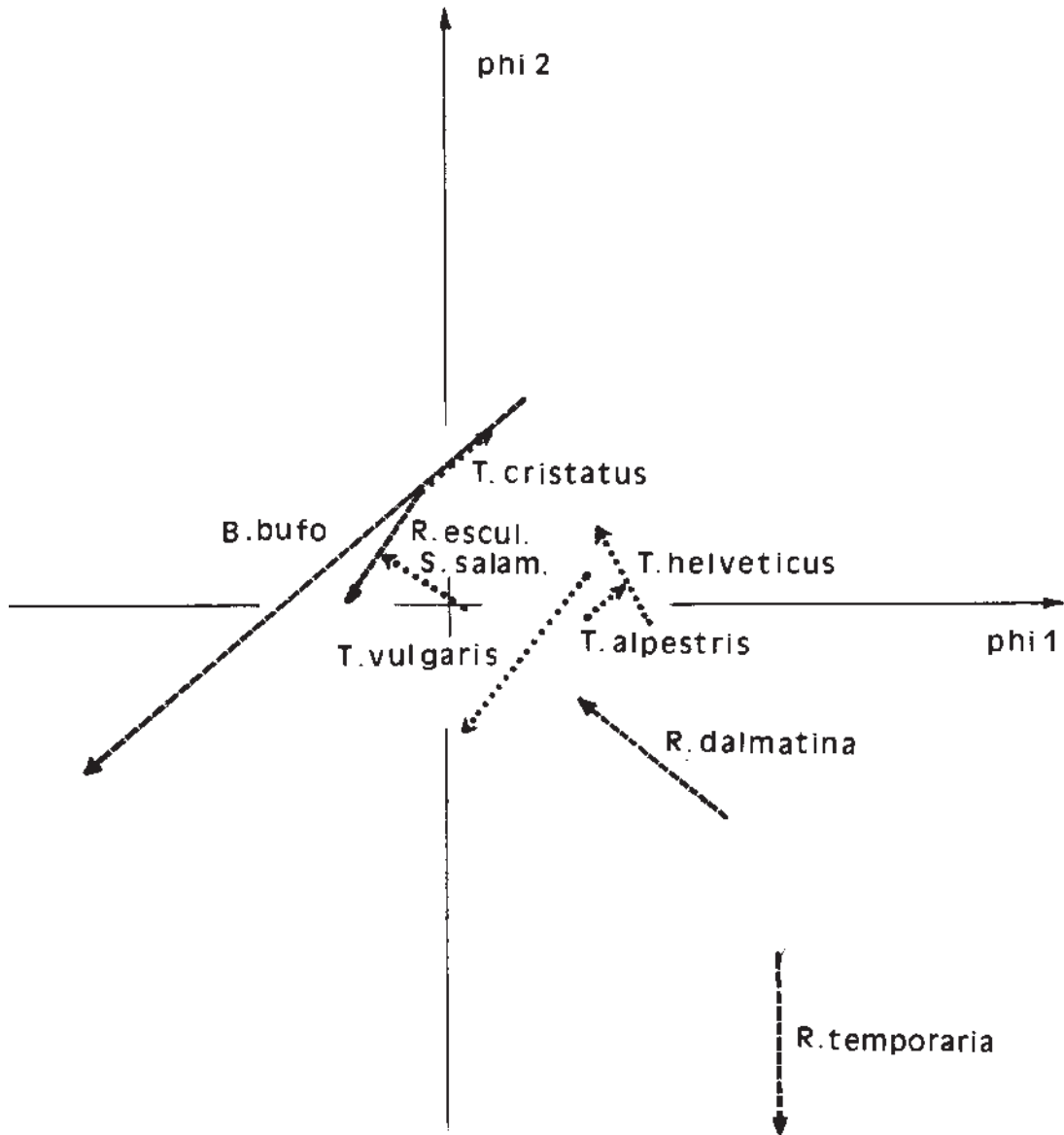


Fig.14b: Carte factorielle (suivant phi1/phi2) des effectifs des espèces d'Amphibiens recueillies dans les seaux au cours de la campagne du 12/II au 24/IV 1995, au site de Mesnil1. Pour chaque espèce, des **vecteurs de dispersion factorielle** entre le début de la migration aller et la fin de la migration retour peuvent être tracés.

Nota : se reporter à la figure 13 c pour lire les abréviations des noms de genre.

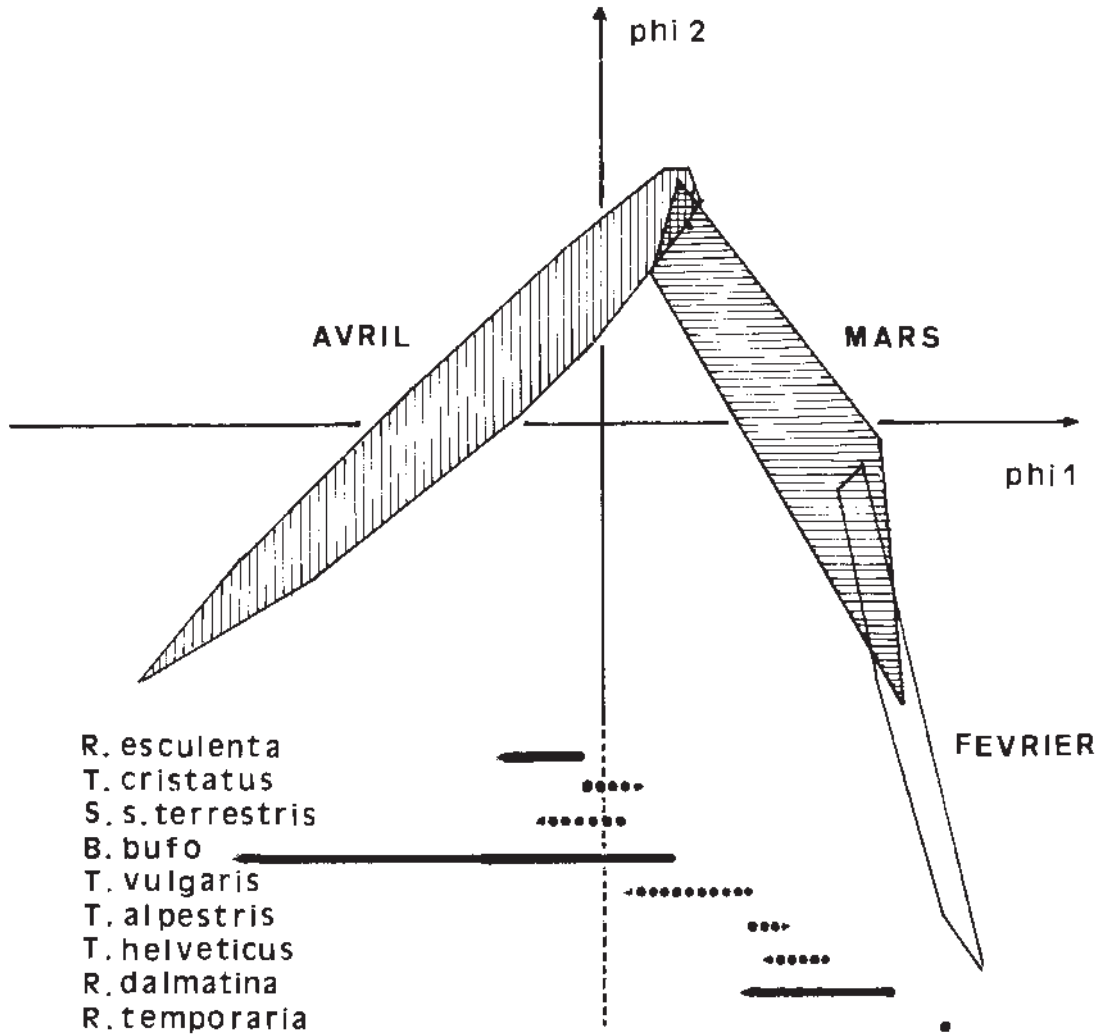


Fig.14c: Carte factorielle de correspondance (suivant ϕ_1 / ϕ_2) entre la "flèche du temps" (Fig.14a) et les **vecteurs de migration** (Fig.14b) projetés en ϕ_1 , en vue, d'une espèce à l'autre, de comparer l'importance des vecteurs de migration et leur décalage temporel (site de Mesnil, campagne du 12/II au 24/IV 1995).

Nota : Se reporter à la figure 13c pour lire les abréviations des noms de genre.

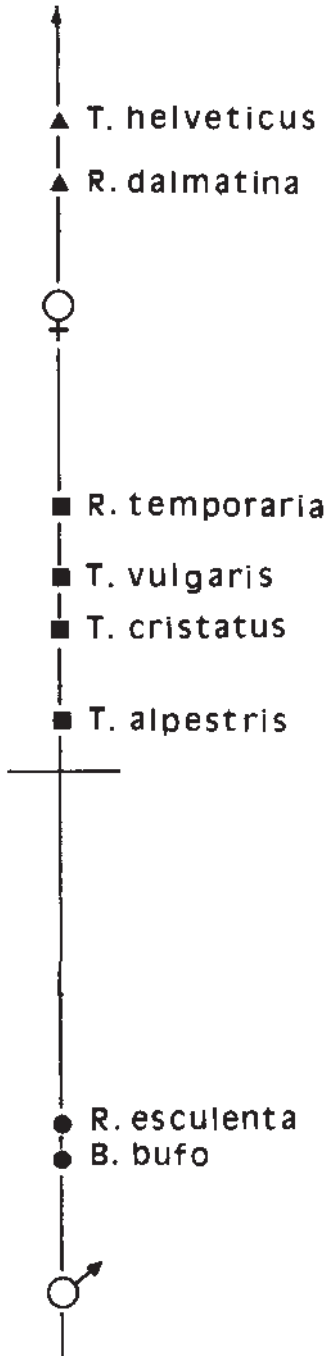


Fig.15: Monoaxe factoriel en Phi1 des espèces en fonction de leur sexe au cours de la migration aller des Amphibiens au site de Mesnil pendant la campagne du 12/II au 24/IV 1995. On remarque que chez *Bufo bufo* et *Rana esculenta*, il existe une prépondérance notable des mâles (♂) sur les femelles (♀), alors que la sex-ratio est de moins en moins respectée chez *Triturus alpestris*, *Triturus cristatus*, *Triturus vulgaris*, *Rana temporaria* et franchement à l'avantage des femelles chez *Rana dalmatina* et *Triturus helveticus*. La modélisation est donc susceptible de déceler et quantifier des facteurs éthologiques.

EVALUATION DES DENSITES DE PICS NICHEURS DU MASSIF DE LA FORÊT D'ORIENT (Aube)

par

Bruno FAUVEL *

Gérard BALANDRAS**

Francis CARRE**

- INTRODUCTION -

Au cours d'un inventaire ornithologique dans le massif forestier de la Forêt d'Orient, réalisé en 1992 et 1993, dans le but de mesurer l'influence de la modification dans la gestion des forêts, nous avons été surpris par la place importante occupée par le Pic mar *Dendrocopos medius* dans la population nicheuse (THIOLLAY et al., 1994). Dans la famille des Picidés, il arrivait avec une fréquence de 23%, à la seconde place derrière le Pic épeiche *Dendrocopos major* (52%).

L'un d'entre-nous (B.F.) a relevé sur un quadrat de 14 hectares (ha) réalisé en 1992 dans une vieille parcelle de chênaie-charmaie de ce massif, gérée en taillis-sous-futaie (T.S.F), une densité de 2,3 couples de Pic mar aux 10 ha contre 1,5 pour le Pic épeiche (FAUVEL, 1995).

Notre connaissance du massif, bien qu'elle ne soit confirmée par aucune étude de terrain, nous permet d'affirmer néanmoins que plus des deux tiers de sa surface sont occupés par des peuplements du type chênaie-charmaie vieillie et gérés en taillis-sous-futaie. Ce type de peuplement et de gestion sont très favorables au Pic mar (GEROUDET, 1980; MORHAIN, 1992; MALY, 1993; SCHMITZ, 1993;

* LPO, délégation de Champagne-Ardenne,

** Office National des Forêts, service départemental de l'Aube.

TOMBAL, 1993; CUISIN, 1994...). Pour YEATMAN-BERTHELOT et JARRY (1994), la population française du Pic mar est estimée à 100 couples minimum et 1000 maximum, avec un code de fiabilité très faible. Il était urgent de faire le point localement sur la densité de cette espèce encore bien présente en Forêt d'Orient, alors qu'elle est signalée en régression depuis une vingtaine d'année en Europe (CUISIN, 1994) et qu'elle a disparu récemment de Suède (Thiollay comm. pers.).

Les pics sont excessivement mal connus dans notre région, un inventaire de l'ensemble des picidés du massif de la Forêt d'Orient s'imposait.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une convention passée entre l'Office National des Forêts (ONF), la Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation de Champagne-Ardenne (LPO-CA) et le Parc Naturel Régional de la Forêt d'Orient (PNRFO). Il a été soutenu financièrement par le Parc .

Le présent article ne reprend qu'une partie de cette étude, les problèmes méthodologiques et les éléments qui se rapportent à l'écologie seront le fond principal pour d'autres publications.

- LOCALISATION ET DESCRIPTION -

La Forêt d'Orient est située dans le département de l'Aube au coeur du Parc naturel régional. Elle couvre encore actuellement près de 8500 hectares malgré les déboisements des années 1960 et 1980, occasionnés par les créations successives de trois lacs réservoirs, qui l'ont amputée de plus de 2000 ha, soit près du quart de sa surface.

Le massif forestier est inclus dans la Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux dénommée "Lacs de la Forêt d'Orient" (ZICO CA02) et il est inventorié en Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) sous le numéro 640.

Il se trouve en position centrale dans la région naturelle dite de Champagne humide (CH), recouverte de 102632 ha de forêt (taux de boisement : 24,30%). La partie de CH du département de l'Aube est quant à elle couverte par 54168 hectares de forêt (taux de boisement départemental : 31,83%). Les feuillus représentent les neuf dixièmes des boisements. Les chênes pédonculé *Quercus robur* et sessile *Q. sessiflora* sont les deux essences caractéristiques et dominantes sur 75% du territoire forestier. Le taillis-sous-futaie est le modèle de gestion forestière ; il est appliqué sur 74% de la surface (PINEL, 1990).

La Champagne humide a un climat sous influences océanique et continentale. La pluviométrie annuelle moyenne du massif de la Forêt d'Orient est comprise, selon

les stations météorologiques de Lusigny-sur-Barse (sud-ouest), Vendeuvre-sur-Barse (sud-est) et Mathaux (nord-est), dans la fourchette 636 à 750 mm (période de 1961 à 1980). La température moyenne pour la même période est proche de 10 degrés (PINEL 1990).

- MÉTHODOLOGIE -

Six pics vivent régulièrement dans le massif. Ils sont classés ci-dessous par ordre de fréquence (THIOLLAY et al., 1994) :

- Pic épeiche *Dendrocopos major*,
- Pic mar *Dendrocopos medius*,
- Pic épeichette *Dendrocopos minor*,
- Pic cendré *Picus canus*,
- Pic noir *Dryocopus martius*,
- Pic vert *Picus viridis*.

Le Torcol fourmilier *Jynx torquilla*, en raison de sa rareté en Forêt d'Orient, (il n'a pas été détecté en 1992/93, THIOLLAY et al., 1994), a été exclu de cet inventaire.

- 1-Inventaire total du massif :

Vu la surface du massif, il nous était impossible d'utiliser la méthode de la cartographie des territoires dite méthode des quadrats. Nous avons retenu une méthode plus souple, pouvant nous apporter des renseignements fiables sur la répartition et les concentrations de pics tout en permettant d'évaluer les densités en période de reproduction. Elle s'apparente à l'Indice Ponctuel d'Abondance (IPA), décrit plus récemment par MULLER (1980), dans ses principes de réalisation (temps d'écoute, période).

Le massif est découpé en 172 carrés de 49 hectares selon un maillage de 700 mètres sur 700 mètres de côté. Nous avons recherché une valeur proche de 50 ha, au-delà, il nous était impossible de répéter l'opération pour suivre l'évolution des populations (périodicité de 5 à 10 ans). Tous les carrés pris en compte sont couverts par de la forêt sur au minimum les trois-quarts de leur surface. En raison des difficultés d'accès de certains secteurs, enclos d'élevage ou de chasse de grandes étendues, le nombre de carrés est ramené de 172 à 165.

Un premier passage a été réalisé sur chaque carré entre le 1^{er} mars et le 15 avril 1995. Les sept participants à ce premier inventaire ont été répartis alternativement sur des secteurs restreints de 5 à 10 carrés contigus. L'observateur devait traverser un carré dans un laps de temps compris entre 20 et 30 minutes en passant le plus près

possible de son centre. Il se déplaçait sans grande discrétion car l'objectif était de se faire remarquer par les oiseaux et ainsi, provoquer une réaction de leur part. Les sorties devaient être réalisées dans les quatre heures qui suivent le lever du jour et dans des conditions climatiques les plus clémentes possibles, sans vent ni pluie (AFFRE, 1976). La "repassse" n'a pas été utilisée dans la recherche des pics territoriaux car certaines espèces, notamment le Pic mar, répondent peu ou pas à la diffusion de leurs chants ou cris respectifs par bandes magnétiques (SCHMITZ, 1993 et CUISIN, 1994).

L'observateur pointait pour chaque carré le nombre de couples ⁽¹⁾ qu'il avait rencontrés pour chaque espèce en se basant sur des critères visuels ou auditifs propres à chacune d'elles (exemple : pour le Pic mar il ne devait prendre en compte que les oiseaux vus ou les chants distants ; pour le Pic épeiche le critère principal était, outre l'observation directe, le tambourinage...). Cette première opération nous a permis d'obtenir d'une part une cartographie de présence et d'autre part un échantillonnage par abondance relative (nombre de contacts sur un carré pour une espèce).

La valeur "couple" aurait pu être remplacée par territoire car nous ne sommes pas certains d'avoir contacté uniquement des oiseaux appariés ; il peut s'y ajouter des pics erratiques au comportement territorial marqué.

- 2-Inventaire spécifique sur échantillon :

Trois personnes sont revenues entre le 25 mai et le 10 juin 1995 sur un échantillon de 700 ha, représentatif des abondances, pour rechercher les nids occupés par les pics mar ou épeiche. La superposition des deux résultats devait nous permettre d'obtenir pour ces deux espèces une fourchette de densité basse (première opération) et haute (deuxième inventaire).

- RÉSULTATS -

-1-Résultats de l'inventaire total du massif, en mars et avril 1995 :

Sept personnes ont réalisé 27 sorties entre le 11 mars et le 14 avril 1995, soit une moyenne de 6 carrés par sortie. Un peu plus des deux-tiers des carrés ont été visités entre le 11 et le 30 mars (voir tab. I) ce qui est important pour la validation des résultats car les pics sont des oiseaux aux comportements territoriaux précoces (GEROUDET, 1980).

(1) : Le terme de "couple" est une abondance, valeur relative, et non une densité réelle.

| | périodes | nb. de carrés | % relatif | % cumulé |
|----|---------------|---------------|-----------|----------|
| P1 | 11 au 15/03 | 17 | 10,3% | 10,3% |
| P2 | 16 au 20/03 | 0 | 0% | 10,3% |
| P3 | 21 au 25/03 | 75 | 45,5% | 55,8% |
| P4 | 26 au 30/03 | 22 | 13,3% | 69,1% |
| P5 | 31/03 au 4/04 | 27 | 16,4% | 85,5% |
| P6 | 5 au 9/04 | 14 | 8,5% | 94% |
| P7 | 10 au 14/04 | 10 | 6,1% | 100% |
| | total | 165 | | |

Tableau I : Répartition de l'effort d'inventaire dans le temps. La colonne de chiffres à gauche donne le nombre de carrés visités dans une période donnée, celle du milieu le pourcentage de carrés pour la période et celle de droite son pourcentage cumulé.

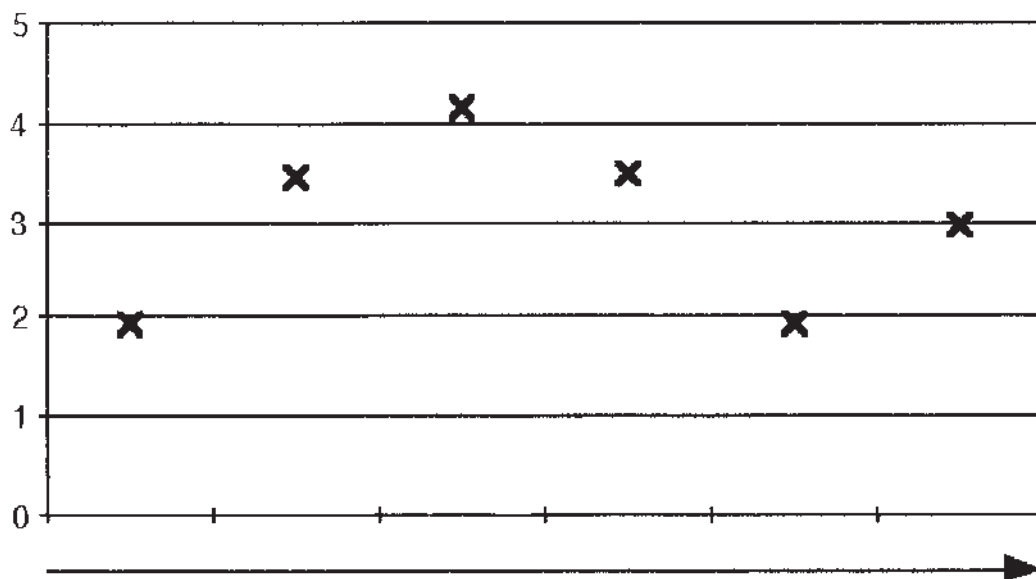


Figure 1 : Evolution du nombre moyen de **couples** par carré, toutes espèces confondues, pour 6 périodes de 5 jours (P2 n'est pas prise en compte)-cf. tab. I-.

Le nombre moyen de couples détectés par carré, toutes espèces confondues, diminue légèrement entre le 11 mars et le 14 avril (cf. fig. 1). En revanche, le nombre moyen d'espèces progresse très légèrement entre ces deux dates, nous sommes proche de la stabilité (voir fig. 2). Donc, l'étalement de la période d'inventaire choisie influence bien peu les résultats qui figurent dans le tab. II.

Pour les trois *Dendrocopos*, le nombre de couples est la somme des valeurs retenues pour chaque carré et chaque espèce. Une analyse des données a été réalisée, par regroupement des contacts cartographiques, pour les pics vert, noir et cendré, car la taille de leur territoire est très supérieure à celle de l'unité d'inventaire ; une paire de Pic noir a, par exemple, un territoire de 300 à 600 hectares (GEROUDET, 1980). Pour ces trois espèces, le nombre de couples est inférieur à celui des carrés où elles ont été signalées.

En comparant les fréquences obtenues pour les 6 espèces de pics de cette étude avec les résultats de THIOLLAY et al. (1994), on constate que, si la hiérarchie interspécifique est respectée, les fréquences sont toujours plus élevées dans notre travail, exception faite du Pic cendré. Ces écarts peuvent s'expliquer par la différence de méthodologie. THIOLLAY travaillait sur un échantillon de types de boisements sans faire intervenir la représentativité de chacun d'eux alors que nous considérons la totalité du massif sans se préoccuper ni de ses composantes forestières ni de la surface occupée par les différents types de boisements.

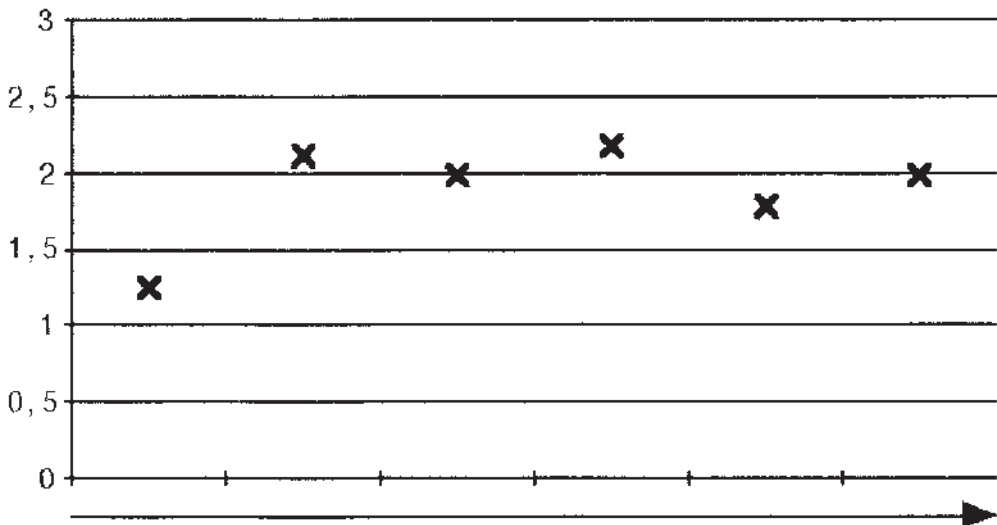


Figure 2 : Evolution du nombre moyen d'espèces par carré, représenté pour 6 périodes de 5 jours (P2 n'est pas pris en compte).

Cette remarque prend toute sa valeur avec le Pic mar (fréquence de 23% en 1993 et de 70% en 1995) qui préfère le taillis-sous-futaie (TSF) ; il est présent dans tous ses stades évolutifs, et atteint les maximum d'abondance dans les vieux boisements (THIOLLAY et al.1994). Or, le TSF occupe plus de 75% de la surface du massif de la Forêt d'Orient (PINEL, 1990).

La prise en compte de la totalité du massif, et donc de ses lisières externes ou internes (grandes coupes à blanc des carrés R8, R9, S8, S9 et N8), a permis de contacter le Pic vert dont la présence est favorisée principalement par celles-ci (LEBRETON, 1977; BOUTET, 1987; MOREAU, 1989; GODY, 1994...).

Les abondances totales de chaque carré sont plus importantes dans les secteurs où la gestion est confiée à l'Office National des Forêts, 69 carrés sur 165 soit 41,81% de la surface du massif. En effet, on obtient 271 couples soit 3,98 par carré contre 2,86 pour le reste du massif, avec pour valeur moyenne totale : 3,37. Les nombres moyens de couples de Pics épeiche, mar et épeichette y sont aussi plus élevés (voir tab. III). L'explication peut être donnée par le vieillissement général des TSF gérés par l'ONF en vue de leur transformation future en futaie régulière (FR); il faut un maximum d'arbres âgés à l'hectare pour que les opérations de rajeunissements par semis naturels soient possibles.

Ce constat est très probable mais il faut se rappeler que le TSF est plus riche en espèces et en couples que la FR et que les pics sont très rares durant les 60 premières années du cycle de la FR. Des fluctuations existent aussi dans le TSF mais ils n'y a pas de rupture dans l'utilisation des boisements par les pics (THIOLLAY et al.,

| espèce | nb.carrés | "couples" | Fréq.1993 | Fréq.1995 | fact. |
|----------------|-----------|------------|-----------|-----------|-------|
| Pic épeiche | 137 | 283 | 52% | 83% | 1,60 |
| Pic mar | 115 | 173 | 23% | 70% | 3,04 |
| Pic épeichette | 40 | 43 | 12% | 24% | 2 |
| Pic vert | 36 | 27 | 6% | 22% | 3,67 |
| Pic noir | 14 | 5 | 6% | 8% | 1,33 |
| Pic cendré | 7 | 5 | 6% | 4% | 0,67 |
| total | - | 536 | - | - | - |

Tableau II: Résultats de l'inventaire des six espèces de pics, réalisé en mars et avril 1995. (nb. carrés= nombre de carrés où l'espèce a été notée; nb.couples= nombre de couples retenus; Fréq.1995= fréquence centésimale de 1995; Fréq.1993= fréquences obtenues par Thiollay et al. en 1993; fact= multiplicateur entre les fréquences de 1993 et celles de 1995).

1994). La transformation des TSF en FR peut être défavorable si les gestionnaires ne prennent pas en considération ces éléments.

Il serait intéressant de vérifier si les forêts communales, d'établissements publics et domaniales du massif gérées par l'ONF sont bien plus riches en arbres âgés que celles sous gestion privée.

En conclusion la notion de bio-indicateur forestier pour la guilde des pics, en particulier, prend ici une importance toute particulière.

| | Pic épeiche | | Pic mar | | Pic épeichette | |
|----------------------------|-------------|----------|-------------|----------|----------------|----------|
| | \bar{C} . | σ | \bar{C} . | σ | \bar{C} . | σ |
| Gestion ONF - 69 carrés | 2,01 | 1,28 | 1,20 | 1,13 | 0,33 | 0,52 |
| Gestion privée - 96 carrés | 1,50 | 1,08 | 0,94 | 0,85 | 0,21 | 0,45 |
| Total - 165 carrés | 1,72 | 1,16 | 1,05 | 0,97 | 0,26 | 0,48 |

Tableau III : Nombre moyen de couples de pics (\bar{C}) par carré avec l'écart-type (σ) pour les zones gérées par l'ONF, celles sous gestion privée (forêts appartenant à des propriétaires privés) et l'ensemble du massif .

-2-Résultats de l'inventaire spécifique, réalisé en mai et juin 1995 :

Après avoir sélectionné 13 carrés, représentatifs des abondances et du nombre de couples, qui formeront l'échantillon de recherche de nids et de territoires des pics mar et épeiche, nous les avons parcourus pendant une période allant du 26 mai au 9 juin 1995 (carrés U9, U10, U11, V9, V10, C4, C5, C8, C9, T9, M8, X14 et X15). Lors ce deuxième inventaire, des contacts ponctuels de Pics épeichettes seront également notés dans quelques carrés .

Vu les difficultés que nous avons eu pour découvrir les nids, nous ne prendrons en compte, pour une espèce et pour un carré de l'échantillon, que le nombre total de nids trouvés auquel on ajoute les territoires sans nids (sans découverte de nids mais avec des alarmes répétées dans le temps) uniquement lorsque la valeur totale sera égale ou supérieure au nombre de couples trouvés en mars/avril.

On est certain que ce dernier chiffre est un strict minimum ; les difficultés de localisation rencontrées en mai/juin ne peuvent que confirmer au mieux celui-ci (impossibilité de trouver les nids malgré les alarmes répétées des adultes ou les découvertes dues au hasard, sans alarme de ces derniers).

Les coefficients multiplicateurs qui sont exprimés dans les tableaux IV et V ont été obtenus en comparant les résultats de mars/avril (période I ou PI) et ceux de mai/juin (période II ou PII). Le mode de calcul pour chaque valeur couple de PI est le

suyvant : nombre de couples trouvé en PII divisé par celui trouvé en PI ; quand la valeur de PI est "0" nous avons considéré le nombre de carrés comme valeur couple de PI.

-3-Densité de pics nicheurs :

-Résultats concernant le Pic mar* :

| nb. couples | nb. carrés | coeff. | effectif |
|-------------|------------|-------------|------------|
| 0 | 50 | 0,66 | 33 |
| 1 | 74 | 2 | 148 |
| 2 | 30 | 1,5 | 90 |
| 3 | 7 | 1 | 21 |
| 4 | 2 | 1 | 8 |
| 5 | 2 | 1,2 | 12 |
| total | 165 | | 312 |

Tableau IV: Coefficients multiplicateurs à appliquer aux abondances de **Pic mar** du dénombrement de mars/avril ; estimation du maximum de la population.

La population totale du **Pic mar** peut donc être estimée à 312 couples pour les 165 carrés inventoriés soit 1,89 couples en moyenne par unité. Rapporté à la surface totale du massif (172 carrés x 49 hectares), on obtient un effectif maximum de **325 couples de Pic mar soit 1 couple pour 26 hectares.**

La population du **Pic mar** est comprise dans la fourchette 173 (cf. tab. II) - 325 couples, soit une **moyenne de 249 couples** correspondant à **1 couple pour 34 hectares.**

-Résultats concernant le Pic épeiche* :

| nb. couples | nb. carrés | coeff. | effectif |
|-------------|------------|-------------|------------|
| 0 | 28 | 0,33 | 9 |
| 1 | 48 | 2 | 96 |
| 2 | 42 | 1,67 | 140 |
| 3 | 38 | 1 | 114 |
| 4 | 8 | 1 | 32 |
| 5 | 1 | 1 | 5 |
| total | 165 | | 396 |

Tableau V: Coefficients multiplicateurs à appliquer aux densités de **Pic épeiche** du dénombrement de mars/avril ; estimation du maximum de la population.

La population totale du **Pic épeiche** peut donc être estimée à 396 couples pour les 165 carrés inventoriés soit 2,4 couples en moyenne par unité. Rapporté à la surface totale du massif (172 carrés x 49 hectares), on obtient un effectif maximum de **413 couples de Pic épeiche soit 1 couple pour 20 hectares**.

La population est donc comprise dans la fourchette 283 (cf. tabl. II) - 413 couples, soit une **moyenne de 348 couples** correspondant à **1 couple pour 24 hectares**.

- Résultats concernant le Pic épeichette :

L'observateur du secteur se trouvant sur la forêt d'Amance (carrés U9, U10, U11, V9 et V10) avait noté les alarmes des Pics épeichettes. Trois couples seront localisés, sans découvrir les nids, alors qu'en mars/avril il n'y en avait qu'un seul. Il semble donc que la population de ce pic soit également fortement sous-estimée. Bien que cette espèce n'ait pas bénéficié de toute l'investigation nécessaire, on peut évaluer sa densité maximale au triple du résultat de mars/avril. La population est comprise entre 43 et 134 pour la totalité du massif. **La moyenne est de 88 couples, soit 1 pour 96 hectares**.

- CONCLUSION -

L'estimation totale, pour les trois *Dendrocopos*, après application aux résultats de mars/avril des coefficients multiplicateurs obtenus en mai/juin et l'intégration des informations obtenues en mars et avril pour les trois autres espèces de pics, fournit :

- **348 couples pour le Pic épeiche (283-413),**
- **249 couples pour le Pic mar (173-325),**
- **88 couples pour le Pic épeichette (43-134),**
- **27 couples pour le Pic vert,**
- **5 couples pour le Pic noir,**
- **5 couples pour le Pic cendré.**

= 722 couples de pics.

*** Remarque concernant le pic mar et le pic épeiche.**

On constate que les coefficients multiplicateurs de ces deux espèces sont très proches à un niveau d'abondance équivalent. Il en est tout autrement si on considère les résultats globaux. Les coefficients deviennent alors 1,46 pour le Pic épeiche (413/283) et 1,88 pour le Pic mar (325/173). L'écart s'explique essentiellement par le nombre de carrés où aucun pic de chaque espèce n'avait été contacté en PI, 28 pour l'épeiche et 50 pour le mar. Les coefficients multiplicateurs sont très différents, 0,33 pour l'épeiche et 0,67 pour le mar (cf. tab. IV et V). On remarque ici la difficulté de détection du Pic mar signalé par tous les auteurs (GEROUDET, 1980 ; MORHAIN, 1992 ; MALY, 1993 ; SCHMITZ, 1993 ; CUISIN, 1994 ; ...).

Les densités de pics publiées à ce jour sont souvent plus fortes et notamment pour le Pic épeiche (GEROUDET, 1980; LE PASSER, 1989; CUISIN, 1994; BAVOUX, 1994; FAUVEL, 1995; MALY, 1995; MULLER, 1980...). On cite pour cette espèce des valeurs allant de 1 à 2,59 couples, voire plus, aux 10 hectares ; elles se rapportent souvent à des milieux favorables. En Forêt d'Orient, en considérant le maximum de la fourchette, on obtient 0,49 couple aux 10 hectares, soit 2 à 5 fois moins ! Nos résultats peuvent être considérés **comme des valeurs minimales**, et en particulier pour les trois *Dendrocopos* (épeiche, mar et épeichette). Nous ne pouvons pas pousser nos investigations plus loin, sur les populations nicheuses de pics. Toutefois, la répétition des inventaires permettra de connaître l'évolution des populations, il faudra alors considérer les résultats de mars/avril comme un indice d'abondance.

La densité moyenne du Pic mar, en période de reproduction, est de 249 couples. Ce chiffre représenterait près du quart de l'effectif maximum de la France. Les difficultés d'inventaire de cette espèce, très discrète, font que l'effectif national est fortement sous-estimé.

Les méthodes d'inventaire mises en oeuvre dans le massif de la Forêt d'Orient, d'une surface de 8500 hectares, ont permis, d'une part, d'obtenir des indices spécifiques et, d'autre part, d'évaluer la densité des six espèces de pics, soit une moyenne totale de 722 couples de pics.

La gestion des forêts et plus précisément l'action d'un type de gestion influence fortement les densités des espèces de pics. La zone gérée par l'Office National des Forêts a des densités plus élevées pour les trois *Dendrocopos* que le reste du massif ; le phénomène est moins net pour les trois autres espèces (vert, noir et cendré). Nous ne pouvons identifier qu'un facteur dans le cadre de ce travail : le vieillissement général des taillis-sous-futaie en vue de leur transformation future en futaie régulière.

Remerciements. - Nous tenons à remercier les membres bénévoles de la Ligue pour la Protection des Oiseaux de Champagne Ardenne qui se sont fortement impliqués dans l'inventaire : Pascal ALBERT, Hergé GEORGET, Dominique MORZYNSKI et Serge PARIS.

BIBLIOGRAPHIE

AFFRE G., 1976 - Quelques réflexions sur les méthodes de dénombrement d'oiseaux par sondage (IKA et IPA) : une approche théorique du problème. *Alauda*, 44 : 387-409.

BAVOUX C., 1985 - Données sur la biologie de reproduction d'une population de Pics épeiches (*Picoides major*). *ORFO*, 55, 1 : 1-12.

BAVOUX C., in YEATMAN-BERTHELOT D. & JARRY G., 1994. - Nouvel Atlas des oiseaux nicheurs de France. *S.O.F.* : 436-437.

BOUTET J.Y., 1987 - Atlas des oiseaux nicheurs d'Aquitaine 1974-1984. *CROAP*, 242 p.

COA, 1983 - Atlas des oiseaux nicheurs du département de l'Allier 1972-1982, 236 p.

CUISIN M., 1986 - Le Pic noir (*Dryocopus martius*) et les insectes des écorces. *ORFO*, 56, 4 : 341-348.

CUISIN M., in YEATMAN-BERTHELOT D., 1991 - Atlas des oiseaux de France en hiver. *S.O.F.* : 332-345.

CUISIN M., in YEATMAN-BERTHELOT D. & JARRY G., 1994. - Nouvel Atlas des oiseaux nicheurs de France. *S.O.F.* : 430-435 et 438-439.

DIDIER-LAURENT C., FOUCAUD S., GAUTIER Ph., GIBIARD J.-M., JARDIN G., LAIR J.-P., LAPIOS J.-M. & PHILIPPE G., 1989 - Recensement des Pics de la Forêt de Saint-Germain-en-l'Haye. *Le Passer*, 26, 1 : 48-72.

FAUVEL B., 1991. - Les Oiseaux de Champagne-Ardenne. *COCA*. 281 p.

FAUVEL B., 1995. - Avifaune nicheuse d'un taillis-sous-futaie de Champagne humide : comparaison avec l'avifaune nicheuse de l'île boisée du lac Temple-Auzon (département de l'Aube). *Bull. Société Sciences Naturelles et d'Archéologie de la Haute-Marne*. XXIV, 13, : 309 - 330.

FAUVEL B., 1995. - Etude comparative entre l'avifaune nicheuse d'un taillis sous-futaie de la forêt du Centre hospitalier de Troyes et celle de l'île boisée du lac Temple - Auzon. *Courrier scientifique du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient*, 16 : 38- 48.

GEROUDET P., 1980 - Les passereaux I : du Coucou aux corvidés. *Delachaux & Niestlé*. 235 p.

GODY, 1994 - Atlas des oiseaux nicheurs de l'Yonne 1979-1992. 216 p.

LEBRETON P., 1977 - Les oiseaux nicheurs rhônalpins. *CORA*. 354 p.

MAJEWSKI P. & ROLSTAD J. 1995 - The detectability of Black Woodpecker : implications for forest bird censuses. *AVES 1* : 21.

MALY L., 1993 - Etude préliminaire de la densité et de la répartition dans le massif forestier de la Reine (Meuse) de six espèces de Pics et du Gobemouche à collier (*Ficedula albicollis*). *Etude LPO/ONF*. 30 p.

MALY L., 1995 - Etude des relations entre paramètres forestiers et la densité de deux espèces de pics et du Gobemouche à collier (*Ficedula albicollis*). *Etude LPO/ONF*. 70 p.

MOREAU G., 1989 - Atlas des oiseaux nicheurs de Normandie et des îles Anglo-Normandes. *Le Cormoran*, 7 : 123-128.

MORHAIN E, 1992 - Le Gobemouche à collier et le Pic mar en forêt du Romersberg (Moselle). *CICONIA*, 16, 1 : 52-53.

MULLER Y., 1980 - L'avifaune forestière nicheuse des Vosges du Nord. Sa place dans le contexte medio-européen. *Thèse de l'Université de Dijon*, 318 p.

MULLER Y & LUTSCH C, 1988 - Les avifaunes nicheuses de trois formations forestières âgées d'Alsace. Observations sur le peuplement de Pic mar et épeiche (*Dendrocopos medius* et *D. major*). *CICONIA*. 12, 1 : 19-46.

PINEL B., 1990.- Les stations forestières de Champagne humide. *Office National des Forêts, Troyes*.

ROCAMORA G., 1994 - Les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux en France. *LPO*, 340 p.

ROCAMORA G., in YEATMAN-BERTHELOT D. & JARRY G., 1994. - Nouvel Atlas des oiseaux nicheurs de France. *S.O.F.* : 32-44

SCHMITZ L., 1993 - Distribution et habitat du Pic mar (*Dendrocopos medius*) en Belgique. *AVES*. 30, 3-4 : 145-166.

THIOLLAY J.M., CARRE F. & FAUVEL B., 1994 - Gestion forestière et avifaune : influence de la conversion du taillis sous-futaie en futaie régulière. *Cour. Scient. du P.N.R.F.O.* 18 : 69-115.

TOMBAL J.C., 1993 -Historique et état actuel des populations de Pic mar (*Dendrocopos medius*) dans la région Nord-Pas-de-Calais. *AVES*. 30, 3-4 : 232-235.

YEATMAN-BERTHELOT D. & JARRY G., 1994. - Nouvel Atlas des oiseaux nicheurs de France. *S.O.F.*

WIKTANDER U. & als. 1995) - Breeding success of a Lesser Spotted Woodpecker *Dendrocopos minor* population. *AVES*, 2 : 78

SOMMAIRE

- Les Amphibiens du Parc naturel régional de la Forêt d'Orient.V -
Phénomènes migratoires au sein du Parc et en Mesnil 1 (campagne
1995), premières analyses uni et multivariées.

Michel THIREAU, Jean-Christophe DORÉ, Stéphane
BELLENOUE,
Kristina BERTRAM, et Mathias PETIT. p 7-49

- Evaluation des densités de pics nicheurs du massif de la Forêt
d'Orient (Aube)

Bruno FAUVEL, Gérard BALANDRAS, Francis CARRE p 51-63

Prix : 35 F