

MIGRATIONS DE POISSONS DANS LE BASSIN TCHADIEN

par

V. BENECH et J. QUENSIERE

(ORSTOM; MNHN, Lab. d'Ichtyologie
43, rue Cuvier, 75005 PARIS)

Avertissement : Une présentation synthétique de cette communication est fournie par l'organigramme final.

- Le cadre de l'étude :

Au cours de sa période de crue, le Logone inonde sur sa rive gauche la plaine nord-camerounaise dite "Yaéré". L'eau d'inondation est drainée vers le lac Tchad par l'El Beïd, exutoire principal de la plaine.

De nombreuses espèces de poissons effectuent des migrations dans ce système fluvio-lacustre. Les adultes du lac remontent le fleuve pour se reproduire en bordure du Yaéré ; les jeunes alevins croissent rapidement dans la zone inondée et, à la décrue, gagnent le lac par l'El Beïd. Une pêche traditionnelle exploite ces migrations de juvéniles.

La sécheresse sahélienne de 1972/73 bouleversa les cycles biologiques. Pendant ces deux années le Yaéré resta sec et l'abaissement du niveau du lac provoqua la destruction d'une grande part des adultes reproducteurs.

- Le but de l'étude :

Avec la normalisation des phénomènes hydrologiques, à partir de 1974, nous avons installé sur l'El Beïd une station d'échantillonnage permettant de récolter les données nécessaires à l'étude de la repise des migrations des jeunes poissons, de leurs variations intra et inter annuelles en fonction des variations du milieu.

- L'échantillonnage :

Un échantillonnage régulier (12 pêches de 2h réparties sur un cycle de 24H) utilisant la pêche traditionnelle, a été pour suivi cinq années consécutives de 1974 à 1978, suivant le même protocole, en couvrant chaque année la quasi-totalité de la saison de pêche. Des relevés physico-chimiques ^{quotidiens} ont été effectués parallèlement. 935 000 données spécifiques et 12 000 données physico-chimiques ont été saisies. Les données acquises se résument à un tableau de n espèces x p pêches de 2h et à un tableau de z mesures physico-chimiques x p/12 relevés.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 41086

Cote : B Ex 1

1 - MARS 1995

- Le traitement des données :

Les migrations présentent une évolution progressive. Pour en dégager les structures, nous avons fait appel à l'analyse factorielle des correspondances⁽¹⁾ (AFC) qui nous paraissait la mieux adaptée pour traiter ce type d'évolution inscrite dans un tableau dont les lignes et les colonnes présentent autant d'intérêt. L'AFC a été utilisée sur les données brutes et codées.

Nous avons pris en compte la relation temporelle qui lie les observations entre elles pour poursuivre l'analyse des données. Les tendances principales définies par les AFC précédentes ont été contrôlées en se référant aux profils des captures spécifiques obtenus par lissage des données brutes selon les méthodes de traitement des séries chronologiques⁽³⁾.

(2) Le classement de ces profils par classification ascendante hiérarchique a permis de distinguer des groupes d'espèces de comportement migratoire analogue. Les liaisons entre ces groupes et les caractéristiques environnementales ont été abordées par une AFC sur un tableau de contingence croisant l'abondance des espèces et les descripteurs environnementaux contrôlés.

Après extraction des tendances migratoires ci-dessus, l'étude de la variation résiduelle a été orientée vers la recherche d'un rythme biologique lunaire dont l'influence sur la migration avait été suggérée par l'AFC sur les données brutes.

- Exposé des résultats :

1 - Structures majeures de la migration annuelle :

Elles sont présentées graphiquement d'après les résultats d'une AFC sur toute l'information brute de la saison de pêche 1978/79 (564 pêches de 2h x 53 espèces) :

- Projections des points-espèce et -prélèvements sur le plan des axes 1-2 (fig. 1).
- Développement chronologique des coordonnées des prélèvements successifs sur les deux premiers axes (fig. 2).

L'axe 1 correspond à une opposition jour-nuit (fig. 1). Sur la figure 2, l'indication de la photopériode par l'épaississement de l'axe temps, permet de suivre la périodicité nycthémerale des coordonnées des prélèvements ; elle se manifeste avec régularité à partir de l'arrivée de la crue et, après une interruption momentanée à l'amorce de la décrue (arythmie), elle se poursuit de façon plus atténuée. Les espèces qui contribuent le plus à l'axe 1 (fig. 1) constituent deux groupes qui s'opposent : un groupe à activité diurne, l'autre nocturne - cette ségrégation nycthémerale des espèces justifie l'étalement de nos pêches sur un cycle de 24h -

La seconde période d'arythmie (axe 1, fig. 2) correspond à la transition entre deux groupes d'espèces que le deuxième axe met en opposition (fig. 1) ; chacun d'eux est caractéristique d'une phase hydrologique.

2 - Caractéristiques de la migration à l'échelle interannuelle:

L'analyse des données brutes de 1978/79 met en évidence des variations nycthémerales et saisonnières, les deux caractéristiques majeures des pêches de l'El Beid. Ces deux structures du comportement des poissons en dévalaison sont considérées à l'échelle interannuelle pour en apprécier la stabilité.

21 - Les comportements nycthémeraux :

Les captures spécifiques de chacune des douze pêches de 2h qui composent le cycle d'observation de 24h sont regroupées de 1974 à 1978 . On obtient ainsi un profil nycthémeral par espèce. Une AFC est effectuée sur ces profils spécifiques après une transformation en pourcentages (tableau de n espèces x 12 périodes horaires). Le plan des axes 1-2 (88% de l'inertie; fig. 3) permet de distinguer 4 groupes d'espèces en fonction de leur activité nycthémerale.

22 - Les comportements saisonniers :

Pour tester la répétitivité interannuelle des déplacements saisonniers, les données des 4 saisons de pêche sont traitées par une même AFC. Nous avons fait abstraction du phénomène nycthémeral en regroupant les données de chaque cycle de 24H.

Les espèces trop faiblement représentées ont été éliminées (fig. 4). Le tableau à analyser comprend 156 prélèvements x 32 espèces.

- AFC sur les données brutes (fig. 5)

Trois espèces principales (PIS, PET et TNI) définissent la configuration de la projection (contributions : 52,4% à l'axe 1; 81,5% à l'axe 2). Sur le premier axe on retrouve l'opposition crue-décru. Sur l'axe 2 on remarque des oppositions spécifiques non expliquées par des variations du milieu ; leur origine pourrait être d'origine biologique et sous influence lunaire comme le suggère la figure 6.

- AFC sur les données codées (fig. 7 a et b)

Une réflexion sur les conditions d'échantillonnage conduit à apprécier les biais de ce dernier : les captures ne sont pas représentatives de la composition du peuplement. De ce fait, les évolutions intraspécifiques sont seules acceptables et il n'y a pas de raison de privilégier une espèce. Or, c'est ce que fait l'AFC sur les données brutes car les espèces les plus abondantes ont les variances les plus élevées et définissent seules les premiers axes (fig. 4). Pour obtenir une description plus synécologique - et à nos yeux plus valide - du phénomène migratoire, nous avons effectué un recodage en classes d'abondance spécifiques équiprobables. Ce recodage donne le même poids à chaque espèce et homogénéise les variances.

L'AFC sur les données codées redonne l'opposition crue-décru sur le premier axe mais une nouvelle structure interannuelle apparaît sur les 2° et 3° axes (opposition entre les enveloppes des crues faibles -1974 et 77- et des crues fortes -1975 et 76); son analyse ne figure pas dans cet exposé.

3 - Analyse des séries chronologiques annuelles :

Les relevés étant régulièrement espacés dans le temps, les séries annuelles peuvent être traitées en tant que séries chronologiques suivant les méthodes exposées par Legendre et Legendre (1979). Dans un premier temps on extrait par lissage la tendance migratoire saisonnière (hydrologique) et on l'analyse; dans un second temps, l'étude de la variation résiduelle (différence entre données brutes et données lissées) est orientée vers la recherche d'un rythme lunaire déjà suggéré par l'AFC sur les données brutes.

31 - Tendances saisonnières des migrations :

Les tendances migratoires spécifiques suggérées par les AFC ont été contrôlées en se référant aux profils des captures. Pour schématiser chaque profil d'abondance spécifique, les valeurs brutes sont lissées par la méthode des moyennes mobiles itératives (fig. 8). Afin d'avoir une vision des différents types de comportements migratoires saisonniers, les profils schématiques ont fait l'objet d'une classification ascendante hiérarchique. Celle-ci divise les espèces en deux ensembles fortement disjoints, l'un correspond aux espèces présentes aux hautes eaux, l'autre à celles de la décrue étiage. Le premier groupe présente une homogénéité plus grande.

Les liaisons pouvant exister entre ces comportements spécifiques et les caractéristiques environnementales ont été recherchées par l'analyse d'un tableau de contingence croisant les modalités des descripteurs physico-chimiques (hauteur d'eau, débit, conductivité, transparence, température moyenne, amplitude thermique quotidienne) avec les classes d'abondance spécifiques.

L'AFC restitue la quasi totalité de l'inertie de ce tableau de contingence dans les deux premiers axes factoriels fortement structurés par les descripteurs hydrologiques - les autres descripteurs physico-chimiques ont des contributions négligeables -. Cette analyse indique une forte dépendance de toutes les espèces de crue et de trois espèces de décrue seulement avec l'hydrologie. Les autres espèces apparaissent indifférentes à l'évolution hydrologique, du moins telle qu'elle est décrite ici (fig. 10).

32 - Rythme lunaire :

Le lissage précédent avait pour but d'éliminer les variations parasites qui brouillaient l'allure générale du mouvement saisonnier de dévalaison. L'analyse présente se propose de déceler une éventuelle variation systématique dans ces variations d'importance secondaire ou résiduelles. L'analyse de la variabilité systématique des résidus est habituellement menée à l'aide de méthodes statistiques adaptées aux séries chronologiques (corrélogrammes, périodogrammes, etc ...). L'application de telles méthodes nécessite de longues séries dont nous ne disposons pas ici du fait de la brièveté des migrations par rapport à la période lunaire (variation systématique pressentie) .

Nous avons du opter pour une AFC sur un tableau de contingence croisant les résidus codés en trois classes avec les phases lunaires. La signification de chaque axe d'inertie est déterminée par les plus fortes contributions des phases lunaires.

Le premier axe (47% de l'inertie) oppose la pleine lune au dernier quartier. Le deuxième axe (31% de l'inertie) oppose la nouvelle lune aux deux phases qui caractérisent le premier axe.

La répartition des minima et des maxima des résidus spécifiques permet de distinguer deux groupes (fig. 11). Le premier paraît sensible au passage de la pleine lune au dernier quartier. L'abondance du second groupe semble régie par l'alternance pleine lune - nouvelle lune.

- Synthèse des résultats :

L'analyse des données brutes de la saison de pêche 1978/79 met en évidence les deux caractéristiques majeures des migrations de l'El Beid, à savoir des variations nyctémérales et saisonnières déjà bien connues de l'observateur. Cependant, l'AFC facilite à ce dernier la compréhension des interactions entre ces variations ; cette meilleure intégration lui permet d'accéder à une interprétation du phénomène migratoire qui n'apparaissait pas d'emblée.

L'analyse des variations saisonnières d'après quatre saisons de pêche montre différentes orientations de l'analyse des données :

- En données brutes, la description prend en compte les espèces bien capturées, elle correspond aux caractéristiques de l'échantillonnage. On note sur les 2° et 3° axes des oppositions spécifiques en relation avec les phases lunaires, du moins pendant la crue.

- Les données codées autorisent une interprétation plus synécologique du phénomène migratoire au niveau saisonnier. Une nouvelle structure apparemment liée à l'importance de la crue apparaît sur le 2° axe.

Suivant la présentation de l'information, l'AFC fait ressortir des structures secondaires différentes. L'orientation choisie pour l'analyse doit se baser sur une connaissance approfondie des conditions d'échantillonnage et de la fiabilité qu'on peut accorder aux données.

Les structures proposées par l'AFC sont à vérifier en revenant aux données brutes. Si elles sont acceptables, c'est le cas des tendances migratoires saisonnières, on peut prétendre les clarifier (CAH) et préciser leurs relations avec les conditions de milieu (AFC sur un tableau de contingence). Cette vérification a été menée dans notre cas en utilisant le lien chronologique entre relevés.

Les données de base ne permettent pas de vérifier la généralité de l'influence lunaire. Elle n'est évidente que chez quelques espèces. Ce phénomène secondaire, limité dans le temps n'apparaît qu'en traitant simultanément plusieurs saisons de pêche. L'AFC présente l'avantage de le dégager à partir de séries chronologiques limitées, insuffisantes pour être traitées en tant que telles.

- Références :

(1) Benzecri J.P. et al, 1973 - L'analyse des données. I La taxinomie, 624 p. ; II L'analyse des correspondances. Dunod, Paris, 624 p.

(2) Jambu M., Lebeaux M.O., 1978 - Classification automatique pour l'analyse des données. 2 - Logiciels. Dunod, Paris, 399 p.

(3) Legendre L., P. Legendre, 1979 - Ecologie numérique. 2 - La structure des données écologiques. Masson, Paris et les Presses de l'Université du Québec, 247 p.

- Liste alphabétique des abréviations des noms d'espèces :

ABA Alestes baremoze	MRU Mormyrus rume
ADE Alestes dentex	PBI Polypterus bichir
ANU Alestes nurse	PBO Petrocephalus bovei
AOC Auchenoglanis occidentalis	PET Petrocephalus spp
AUC Auchenoglanis spp	PIS Pollimyrus isidori
BAB Barbus spp	PSE Polypterus senegalus
BNI Brienomyrus niger	SBA Brachysynodontis batensoda
CAL Clarias albopunctatus	SCH Schilbe uranoscopus
CAN Clarias anguillaris	SCL Synodontis clarias
CIC Citharinus citharus	SIL Siluranodon auritus
CLA Clarias lazera	SME Hemisynodontis membranaceus
CSP Clarias spp	SMY Schilbe mystus
CTE Ctenopoma spp	SNI Synodontis nigrita
DBR Distichodus brevipinnis	SSG Synodontis schall-gambiensis
DRO Distichodus rostratus	TAU Sarotherodon aureus
HBR Hydrocynus brevis	TGA Sarotherodon galilaeus
HET Heterotis niloticus	TNI Sarotherodon niloticus
HYP Hyperopisus bebe	TSP Sarotherodon spp
LAT Lates niloticus	TZI Tilapia zillii
MCY Marcusenius cyprinoides	

MIGRATIONS DE POISSONS

ORGANIGRAMME DE L'ANALYSE DES DONNEES

BUT : STRUCTURES MAJEURES DU PEUPEMENT ?

DONNEES : exemple de l'année 1978-79 (53 espèces X 564 relevés)

CODAGE : captures horaires en données brutes

TRAITEMENT : A.F.C.

DEPOUILLEMENT: contributions, corrélations, projections factorielles, coordonnées factorielles.

RESULTATS : Axe 1 STRUCTURE NYCTHEMERALE (Fig. 1 et 2) Axe 2 STRUCTURE SAISONNIERE

BUT : COMPORTEMENTS NYCTHEMERAUX SPECIFIQUES ?

DONNEES : années 1974 à 1978, (12 périodes horaires X 32 X 32 espèces)

CODAGE : sommation par espèce de toutes les captures pour chacune des 12 périodes composant un cycle d'observation. transformation des distributions ainsi obtenues en distribution de pourcentages

TRAITEMENTS : A.F.C.

DEPOUILLEMENT: contributions, corrélations, projections factorielles, comparaisons graphiques des distributions de pourcentages.

RESULTATS : MISE EN EVIDENCE DE TROIS GRANDS GROUPES D'ESPECES : DIURNES, NOCTURNES, ET CREPUSCULAIRES

BUT : REPETITIVITE DE LA STRUCTURE SAISONNIERE ?

DONNEES : années 1974 à 1978 (156 cycles X 32 espèces)

CODAGE : élimination des espèces mal échantillonnées regroupement des captures par cycle de 24 heures (données brutes)

TRAITEMENT : A.F.C.

DEPOUILLEMENT: contributions, corrélations, projections factorielles.

RESULTATS : STABILITE INTER-ANNUELLE DE L'OPPOSITION CRUE/DECRUE INFLUENCE LUNAIRE POSSIBLE FAIBLE NOMBRE D'ESPECES CONCERNEES PAR L'ANALYSE

BUT : STRUCTURE SAISONNIERE = CARACTERISTIQUE DU PEUPEMENT OU SEULEMENT DE QUELQUES ESPECES ?

DONNEES : idem

CODAGE : élimination des disparités inter-spécifiques, stabilisation des variances par codage de chaque distribution spécifique en classes équiprobables.

TRAITEMENT : A.F.C.

DEPOUILLEMENT: idem

RESULTATS : LA STRUCTURE SAISONNIERE EST CARACTERISTIQUE DE L'ENSEMBLE DU PEUPEMENT EVOLUTION INTER-ANNUELLE PROBABLE

BUT : INFLUENCE LUNAIRE SUR L'ACTIVITE DES POISSONS ?

DONNEES : années 1974 à 1978 (156 cycles X 20 espèces et 156 phases lunaires)

CODAGE : extraction des résidus = données brutes - données lissées codage des résidus en trois classes équiprobables création d'un tableau de contingence avec les phases lunaires

TRAITEMENT : A.F.C.

DEPOUILLEMENT: corrélations, contributions, projections factorielles

RESULTATS : DISTINCTION DE DEUX GROUPES D'ESPECES EN FONCTION DE LEUR COMPORTEMENT VIS A VIS DE LA LUNE PLUS UN GROUPE D'ESPECES INDIFFERENTES.

BUT : AFFINITES ENTRE COMPORTEMENTS SAISONNIERS SPECIFIQUES ?

DONNEES : années 1975-78, (130 cycles X 20 espèces)

CODAGE : lissage des distributions spécifiques par la méthode des moyennes mobiles itératives.

TRAITEMENT : A.F.C. C.A.H.

DEPOUILLEMENT: contributions, corrélations, ellipses d'inertie, comparaison graphique des données lissées.

RESULTATS : DISTINCTION DE 4 GROUPES D'ESPECES :
(Fig. 8 et 9) - 2 GROUPES MIGRANT PENDANT LA CRUE
- 2 GROUPES MIGRANT PENDANT LA DECRUE

BUT : RELATIONS ENTRE COMPORTEMENTS SPECIFIQUES ET DESCRIPTEURS MESOLOGIQUES OBSERVES ?

DONNEES : années 1974 - 1978 (156 cycles X 20 espèces et 156 observations X 7 descripteurs)

CODAGE : codage de chaque espèce en trois classes équip. codage de chaque descripteur en 5 classes équip construction d'un tableau de contingence croisant les deux ensembles (35 col. X 60 lign.)

TRAITEMENT : A.F.C.

RESULTATS : FORTE LIAISON DES SEULES ESPECES DE CRUE AVEC LES DESCRIPTEURS HYDROLOGIQUES. LA MIGRATION DES ESPECES DE DECRUE RELEVE DE MECANISMES PLUS COMPLEXES QUI N'APPARAISSENT PAS DANS L'ANALYSE DU TABLEAU DE CONTINGENCE.

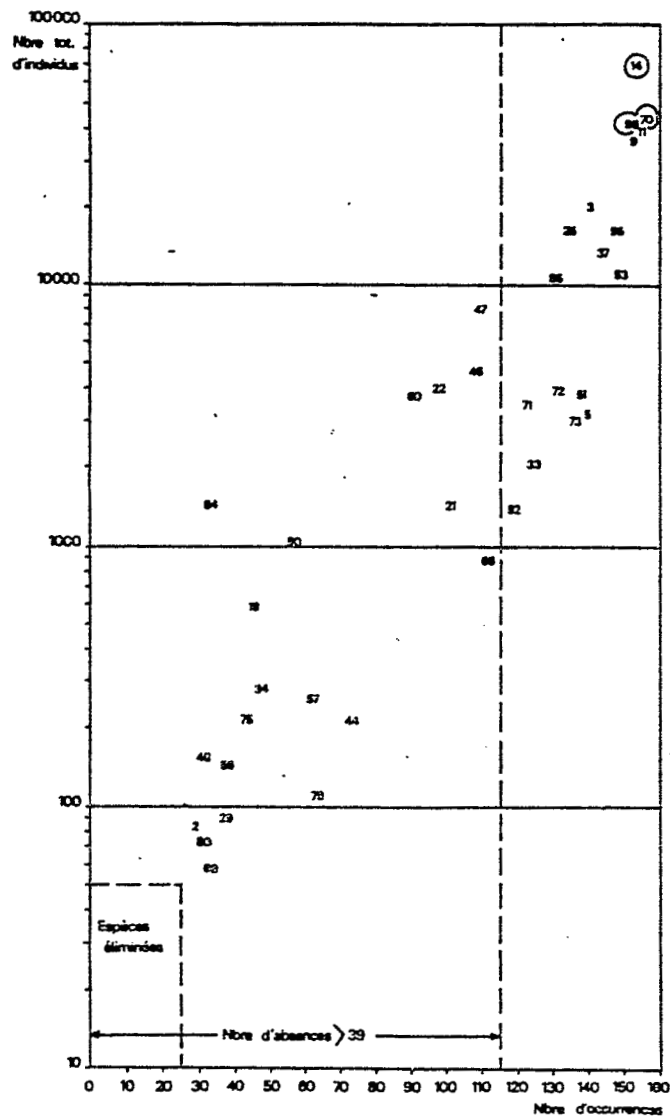


Figure 4 - Situation des espèces (définies par leur code numérique) en fonction du nombre d'individus et du nombre d'occurrences qu'elles présentent dans les captures effectuées de 1974 à 1978.

○ Espèces contribuant le plus aux axes 1 et 2 (cf Fig. 5)

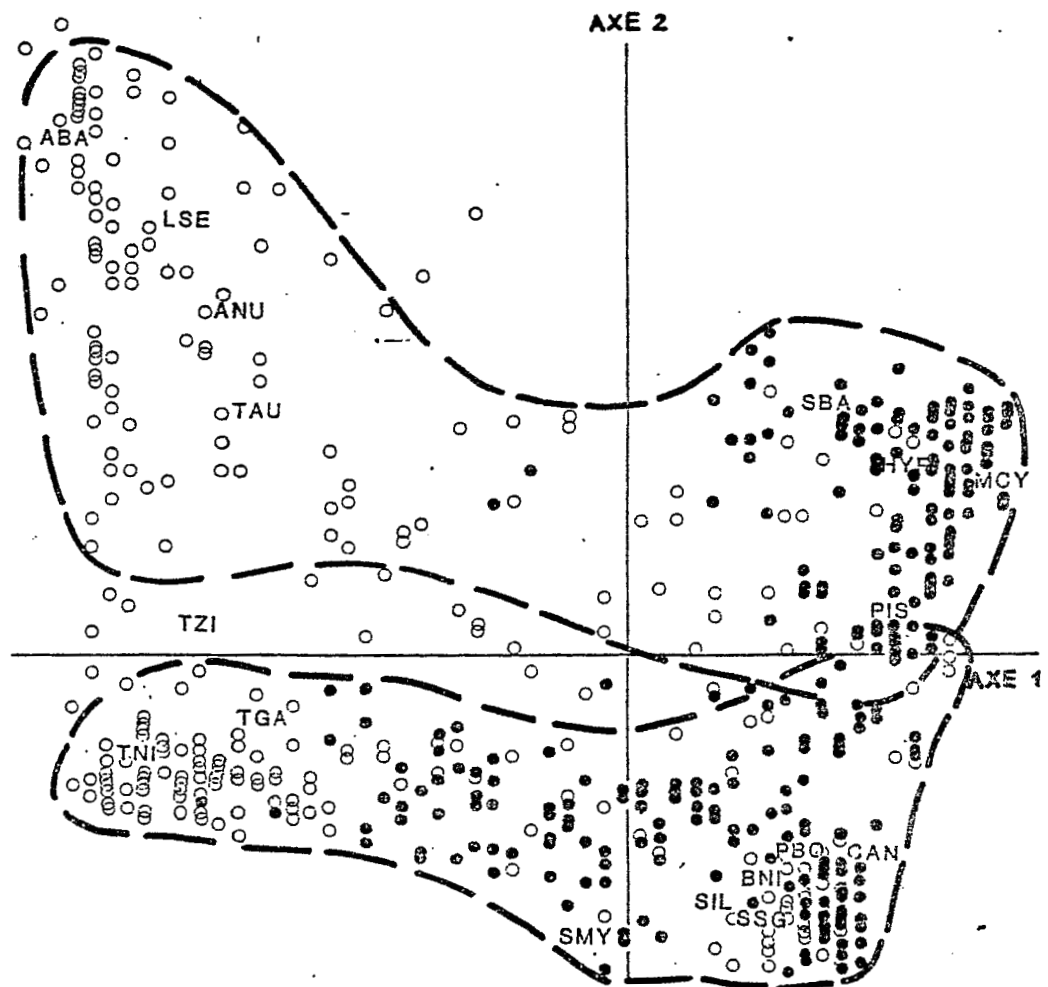


Figure 1 - AFC sur les données brutes de 1978/79. Projections des points espèces (sigle de 3 lettres) et des points prélèvements (pêches de 2h diurnes ○ ou nocturnes ●). Les enveloppes en tireté délimitent deux phases hydrologiques successives, la crue en haut, la décrue en bas.

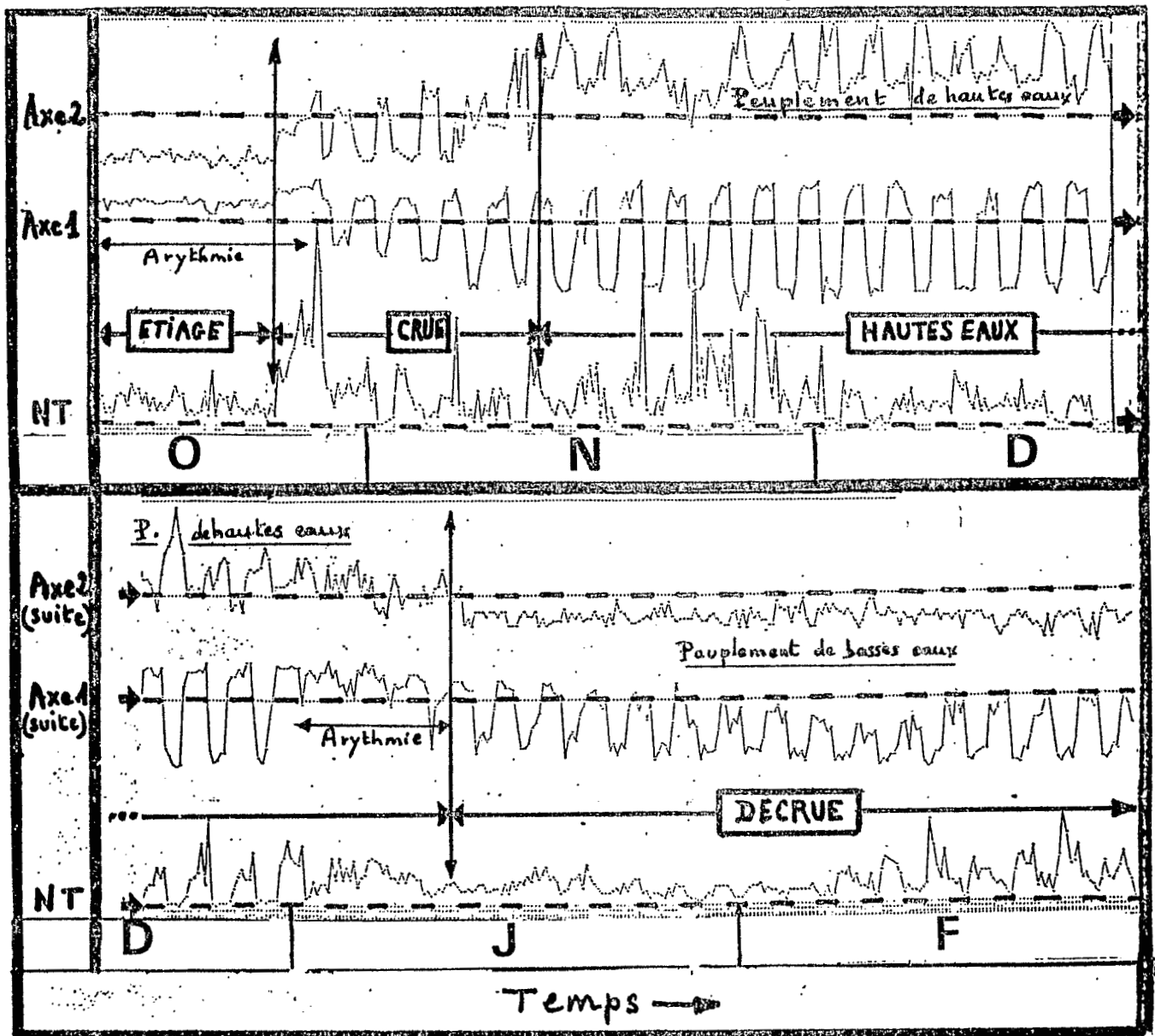


Figure 2 : Evolution chronologique des captures totales (NT) dans les pêches de deux heures et des coordonnées de ces prélèvements multispécifiques sur les deux premiers axes extraits des données par une analyse factorielle des correspondances.

- Les phases hydrologiques sont indiquées dans des cadres
- Les périodes nocturnes sont signalées par l'épaississement de l'axe temps.

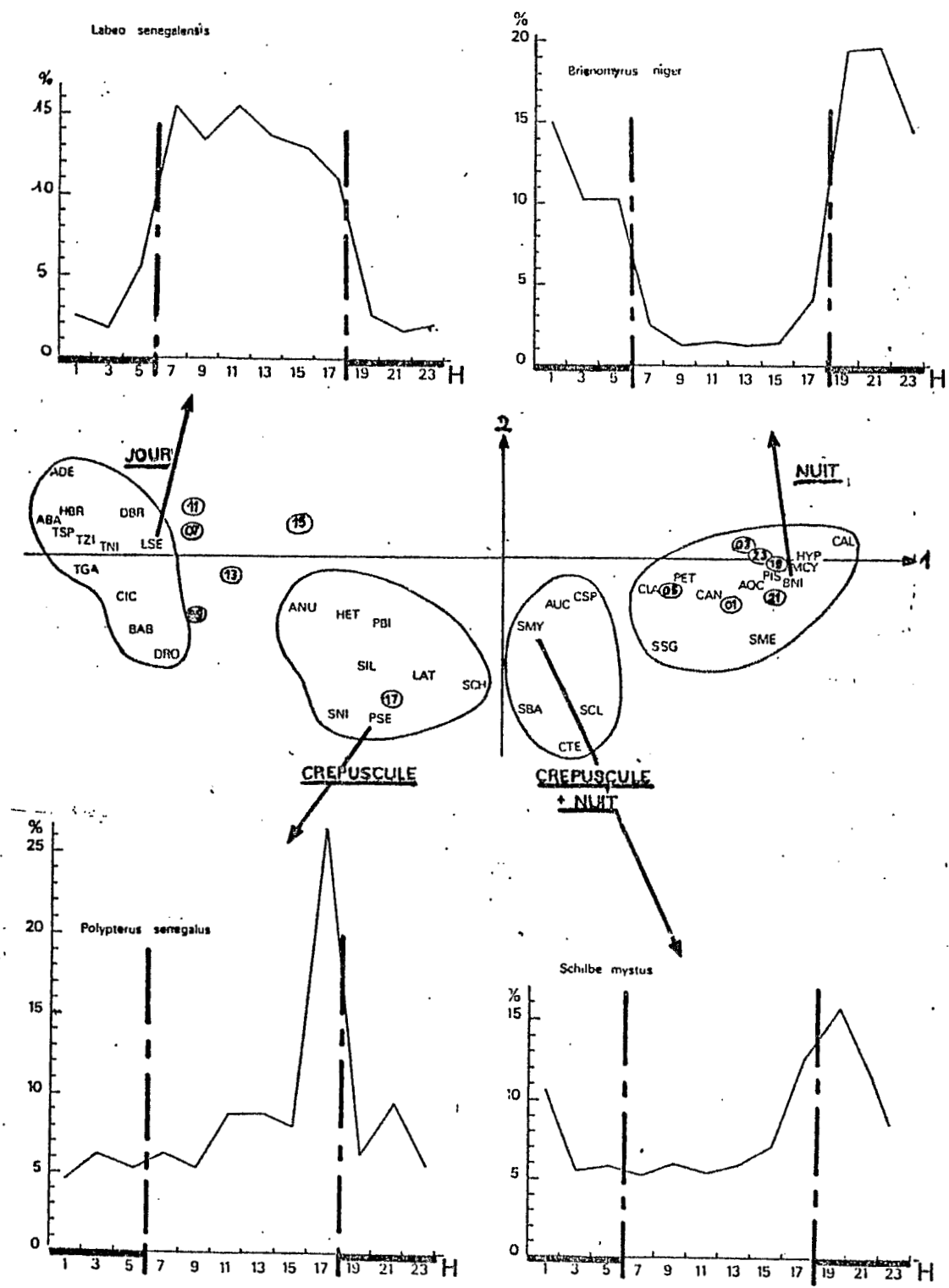


Figure 3 - Au centre, distinction des périodes d'activité des espèces capturées sur l'El Beid d'après le premier plan de projection d'une AFC sur les captures horaires. Les points-espèces sont représentés par des abréviations de trois lettres ; les périodes horaires sont encadrées. Quatre schémas illustrent l'activité type de chacun des groupes distingués par l'analyse.

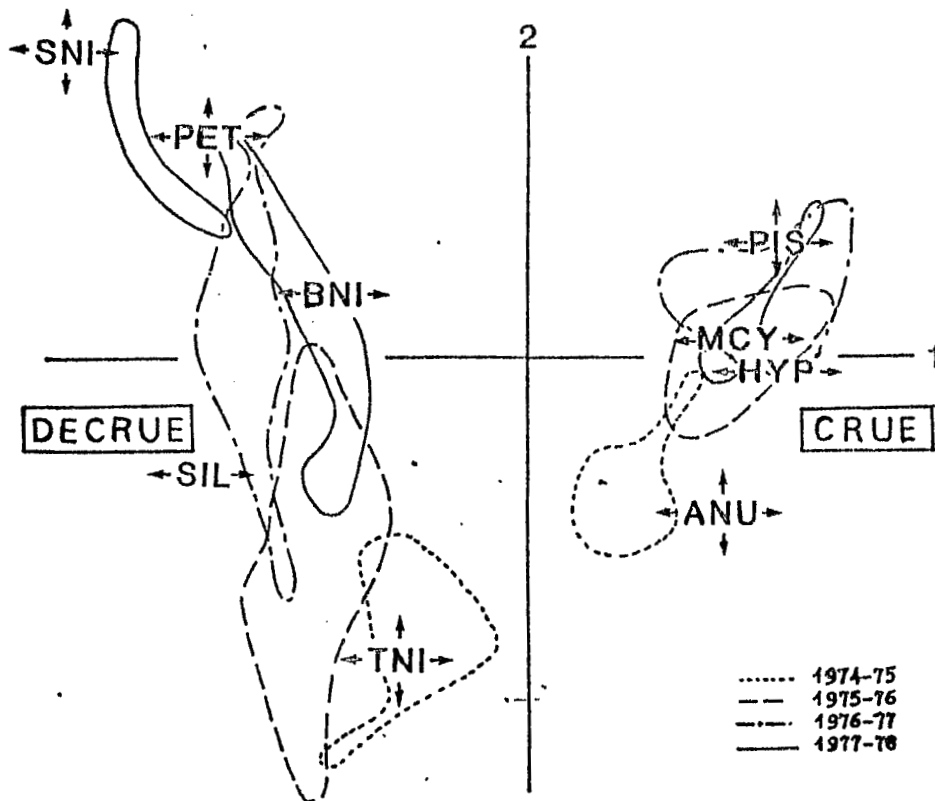


Figure 5 - AFC sur les données brutes de 1974/78. Projections sur le plan 1-2 des points-espèces contribuant le plus à la définition des axes et des enveloppes des points-relevés significativement corrélés avec les axes. $\leftarrow \circ \rightarrow$ contribution à l'axe 1. \updownarrow contribution à l'axe 2.

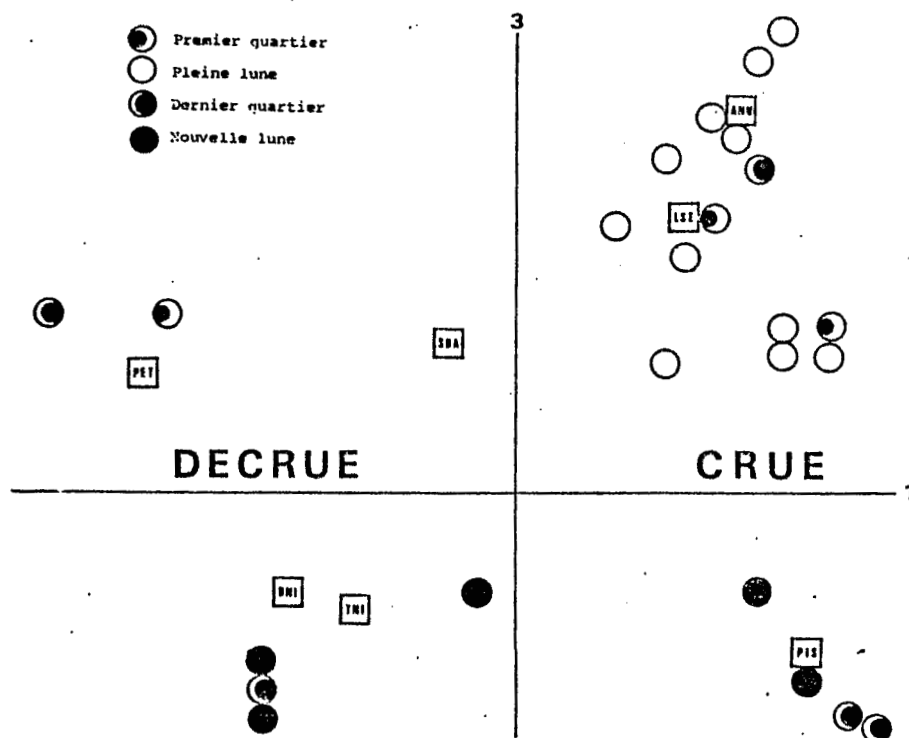


Figure 6: Analyse factorielle des correspondances sur les données brutes des captures de l'El Beid (1974/77).

Plan de projection des axes 1 ($\lambda = 0,460$; 19,3%) et 3 ($\lambda = 0,269$; 11,3%). Seules sont représentées les espèces et les prélèvements ayant une contribution ^{aux axes} supérieure à la contribution moyenne.

Les symboles lunaires correspondent aux phases lunaires qui caractérisent les dates de prélèvements.

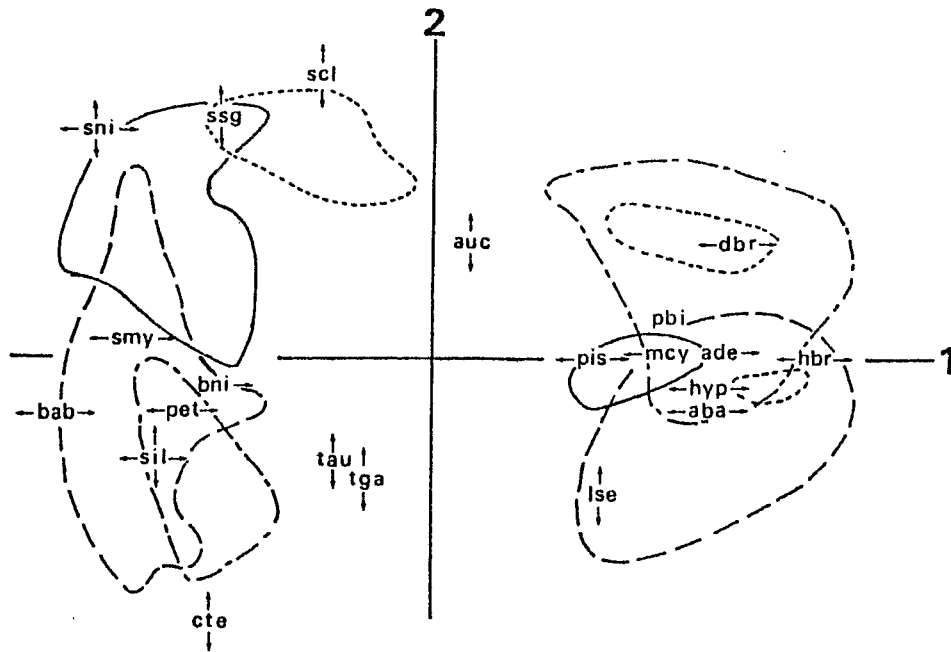


Figure 7a - AFC sur les données de 1974/78 codées en 4 classes d'abondance équiprobables. Plan factoriel 1-2. Même légende qu'à la figure 5.

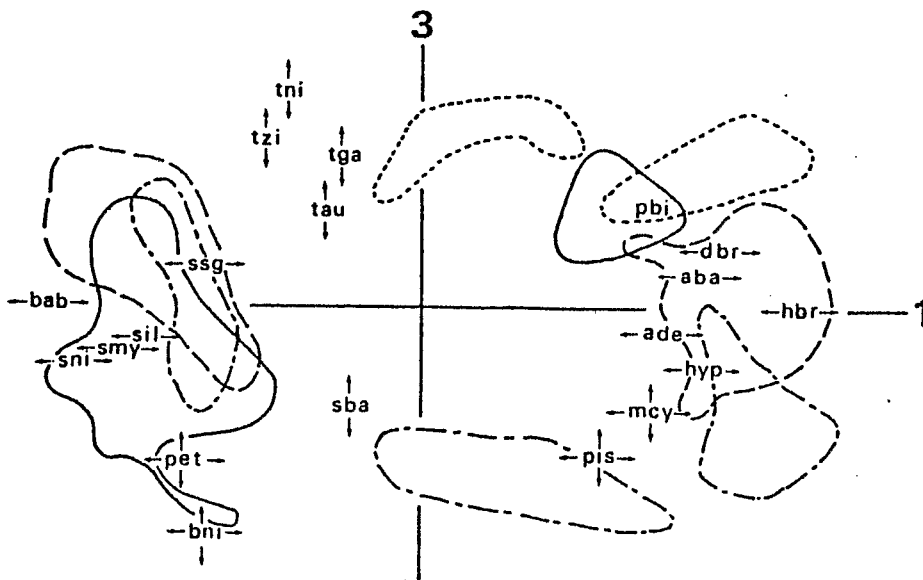


Figure 7b - Même légende qu'en 7a. Plan factoriel 1-3.

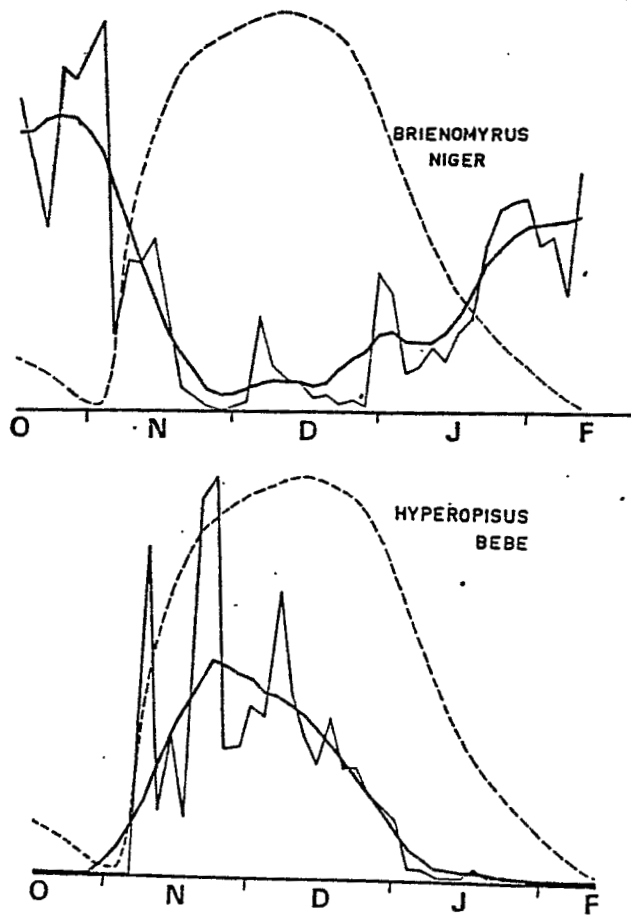


Figure 8 - Profils des captures de 2 espèces en données brutes (trait fin) et lissées (trait épais). La courbe de crue est indiquée en tireté.

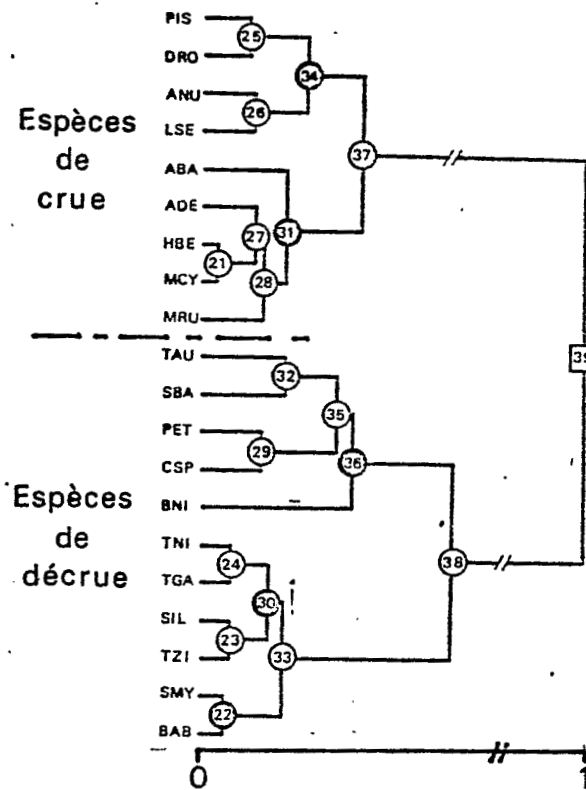


Figure 9 - Classification hiérarchique ascendante des espèces en fonction de leurs profils de capture lissés (cf fig. 8).

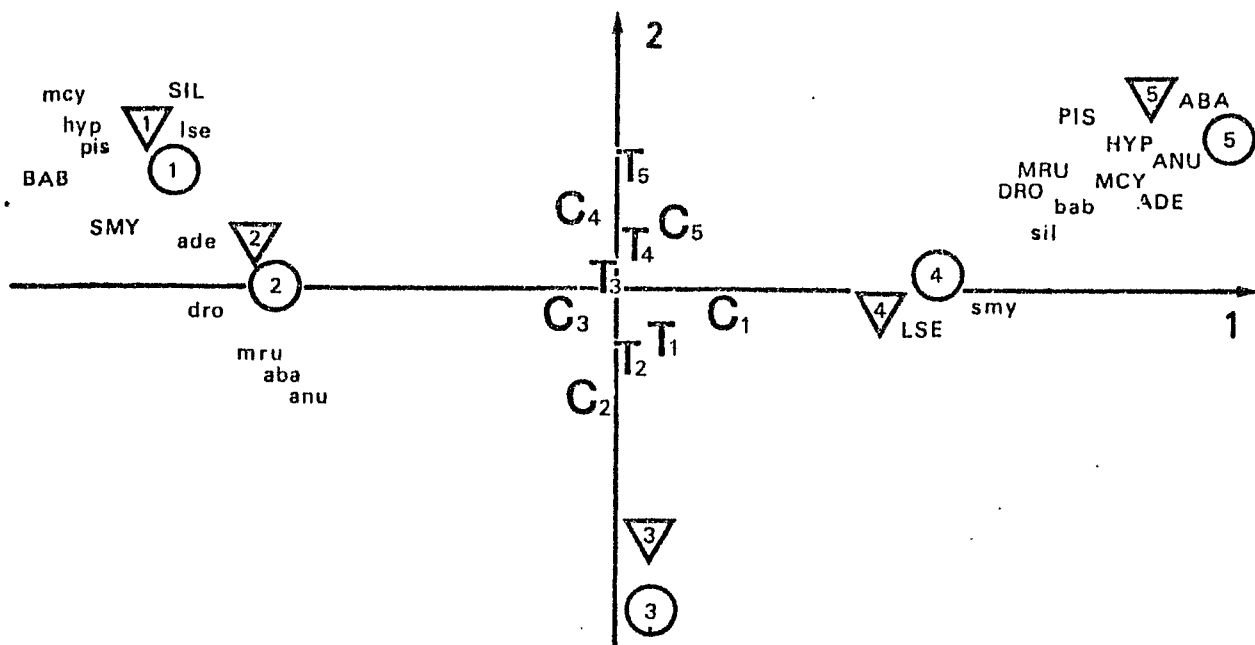


Figure 10 - AFC du tableau de contingence croisant les modalités hydrologiques et physico-chimiques observées avec les modalités d'abondance des espèces. Plan factoriel 1-2.

Δ : hauteur d'eau ; O : débits ; C : conductivité ; T : température.
 5 : forte valeur ; 3 : valeur moyenne ; 1 : faible valeur.
 MRU : Espèce abondante ; mru : Espèce rare.

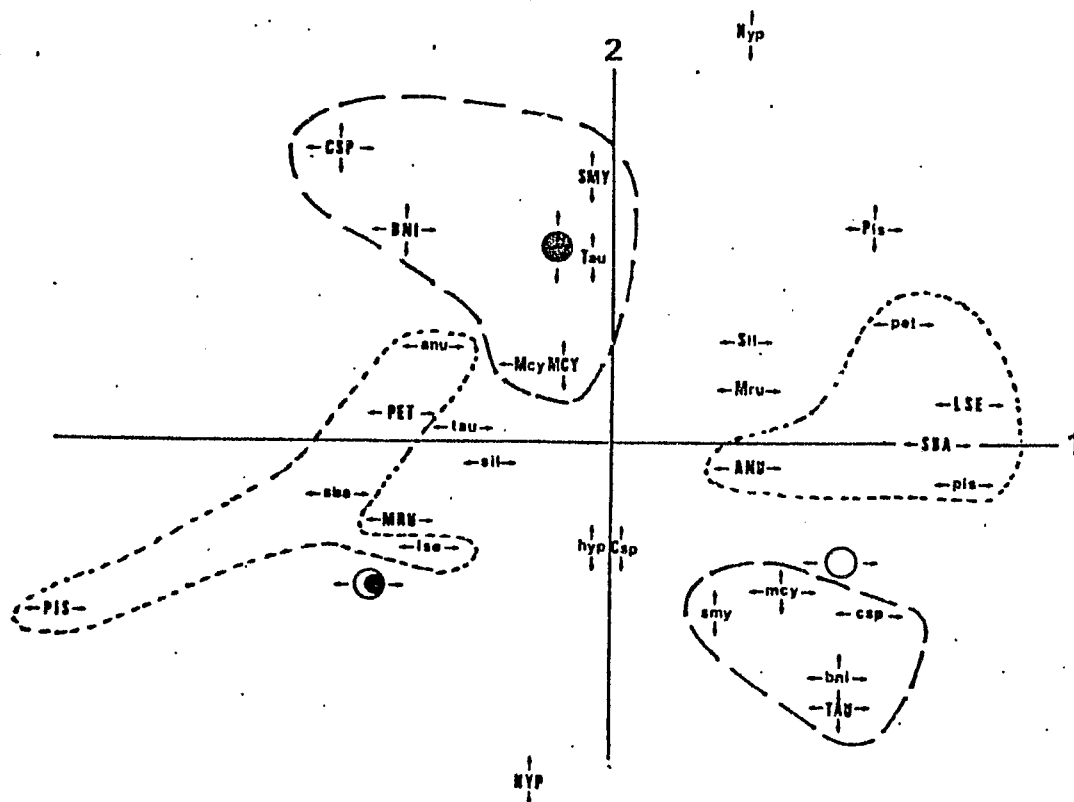


Figure 11 - AFC sur un tableau de contingence croisant les résidus spécifiques codés en trois classes avec les quatre phases lunaires.

MRU : Résidu spécifique élevé
 Mru : " " moyen
 mru : " " faible

----- Groupe 1 } cf texte
 - - - - - Groupe 2 }