

Les rendements par espèce de la pêche chalutière hauturière française de l'Atlantique Nord-Est entre 1972 et 1989

Michel Bertignac

IFREMER, B.P. 1049, 44037 Nantes Cedex 01, France.
Adresse actuelle : Indo-Pacific Tuna Programme, P.O. box 2004, Colombo, Sri Lanka.

Reçu le 28 février 1992; accepté le 4 novembre 1992.

Catch rates of the North-East Atlantic French deep-sea trawlers between 1972 and 1989.

Bertignac M. *Aquat. Living Resour.*, 1992, 5, 261-275.

Abstract

Multiple correspondance analysis and hierarchical ascending classification were used to study catch rate variations in the French deep-sea trawler fleet between 1972 and 1989. The use of these methods clarifies the sometimes complex relationships between catch rates of the main species landed within the total catch and allows a classification of the typical catch rate structures over this period. Factors such as year and fishing areas are those which best explain the observed variations; seasonal variations play a minor role. Catch rates increased and more species were caught between 1972 and 1989. The study shows the relationship between these developments and changes in fishing effort allocation strategies and in fleet structure. Trawlers which exploited the Bay of Biscay during the beginning of 1970's have shifted their effort to the north (north of Ireland and off the west coast of Scotland) and have been replaced by larger and more powerful boats. During the 1980s, new vessels appeared in the fishery. These boats are smaller and fish in coastal areas.

Keywords: Multispecies fishery, catch rate, multiple correspondance analysis, fishing effort.

Résumé

Une analyse des correspondances multiples et une classification ascendante hiérarchique ont été utilisées pour étudier les variations de rendements par espèce entre 1972 et 1989 de navires de la pêche chalutière hauturière française. L'application de ces méthodes permet de mettre en évidence les relations parfois complexes qui lient les rendements des principales espèces débarquées au sein des rendements totaux et de dégager une partition des profils de rendements caractéristique de cette période. Les facteurs comme l'année et les secteurs de pêche sont ceux qui expliquent le mieux les variations observées; les variations saisonnières jouent un rôle secondaire. Les rendements augmentent et se diversifient entre 1972 et 1989. L'étude montre que ces évolutions peuvent être reliées pour une part à des changements dans les stratégies d'allocation d'effort de pêche et dans la composition des flottilles. Les chalutiers qui exploitaient traditionnellement le golfe de Gascogne au début des années soixante-dix ont reporté leur effort sur des secteurs situés plus au nord (nord de l'Irlande et ouest de l'Ecosse) et ont été remplacés par des chalutiers de taille et de puissance plus importantes. Dans les années quatre-vingt, une autre composante fait son apparition. Elle est constituée par des chalutiers de taille plus réduite qui exploitent des secteurs plus côtiers que les précédents.

Mots-clés : Pêche multi-spécifique, rendement, analyse factorielle des correspondances multiples, effort de pêche.

INTRODUCTION

Certains développements récents des modèles utilisés pour l'évaluation des stocks de poissons se font en associant des modèles d'allocation d'effort de pêche à ceux de dynamique de stocks proprement dit (Allen et McGlade, 1986; Hilborn et Walters, 1987; Laurec *et al.*, 1991). Pour utiliser de tels modèles, il devient essentiel de comprendre la façon dont les pêcheurs répartissent leur effort de pêche et plusieurs travaux ont été menés dans ce sens. A court terme, le pêcheur doit choisir sur quelle(s) espèce(s) ou quel(s) secteur(s) il va orienter son effort, quel(s) engin(s) de pêche il va utiliser. Dans leur étude de la pêcherie de saumon de Colombie Britannique, Hilborn et Ledbetter (1979) montrent ainsi que les pêcheurs choisissent plutôt des secteurs où les rendements sont élevés avec comme contrainte l'éloignement de leur port d'attache. A plus long terme, on constate que ces choix d'allocation d'effort évoluent d'une année sur l'autre : les pêcheurs réagissent aux variations d'abondance et de prix des espèces exploitées, ils acquièrent de l'expérience, certains d'entre eux, attirés par de nouvelles opportunités, quittent la pêcherie tandis que d'autres y entrent (Botsford *et al.*, 1983). L'évolution de ces choix stratégiques se traduit notamment par des changements dans la composition spécifique des captures et les niveaux de rendements par espèce. Ces rendements constituent donc des sources d'information intéressantes lorsque l'on cherche à analyser le développement d'une pêcherie.

Cependant, plusieurs autres facteurs interviennent dans ces variations de rendements : abondance et répartition spatio-temporelle des stocks exploités, puissance de pêche individuelle des navires. De nombreux auteurs ont cherché à séparer les effets de ces différents facteurs en appliquant des modèles de régression linéaire. Ainsi, après les études de Gulland (1956) et Beverton et Holt (1957), Robson (1966) a été le précurseur du recours aux modèles log-linéaires dans l'estimation des puissances de pêche relatives à partir des rendements ou p.u.c. (prise par unité d'effort). Par la suite, ce type de modèle a été largement utilisé : Fonteneau et Laurec (1979) ainsi que Gavaris (1980) ont généralisé l'approche au cas d'une estimation simultanée d'indices d'abondance annuelle et de puissance de pêche. Allen et Punsly (1984) y ont incorporé des variables environnementales. Brown *et al.* (1976) ont étudié les évolutions annuelles de puissance de pêche des navires en intégrant au modèle des indices d'abondance indépendants mesurés lors de campagnes expérimentales de chalutage. Toutefois, ces modèles s'appliquent surtout à des pêcheries dirigées (Gavaris, 1980). Dans le cas de pêcheries où l'effort de pêche se répartit sur plusieurs espèces, quelques aménagements à la méthode ont été apportés. Hilborn et Ledbetter (1985) se sont ramenés à une seule variable de rendement à expliquer et ont utilisé des rendements totaux en valeur. Kimura

(1981) et Stocker et Fournier (1984) ont appliqué un « facteur de qualification » afin d'éliminer de l'analyse les captures de navires ne « ciblant » pas l'espèce qu'ils étudient. Ils les considèrent comme non représentatives de la pêcherie. Le problème se pose alors du choix du niveau de qualification à appliquer car il se fait de manière arbitraire. De plus, le caractère multi-spécifique des rendements n'est pas pris en compte.

Dans ce cas, l'utilisation d'une analyse des correspondances multiples ou ACM est particulièrement adaptée. Il s'agit d'une généralisation aux cas multivariés de l'analyse factorielle des correspondances (Benzécri, 1974). Dans le domaine halieutique, ces méthodes ont surtout été appliquées à des études de flottilles à partir des calendriers d'activité des navires (Biseau et Gondeaux, 1988; Gondeaux, 1988); elles l'ont rarement été à l'étude des rendements. Elles sont complémentaires des méthodes d'analyse log-linéaires pour le traitement de tableaux de contingence (Hudon, 1980). Une telle approche est suivie par Fréchet (1990) qui étudie les relations entre les captures de morue (*Gadus morhua*), la distance de la marge des glaces du golfe du Saint-Laurent et des variables environnementales (profondeur, température de l'eau) : après une analyse log-linéaire des données, l'utilisation d'une ACM lui permet de faire ressortir le type de relations qui existent entre les différentes variables.

Dans cet article, nous analysons les variations de rendements par espèce de navires appartenant à la pêcherie chalutière hauturière française qui a exploité l'Atlantique Nord-Est entre 1972 et 1989. Pendant cette période, les rendements de ces navires ont en effet subi de nombreuses fluctuations (Njock, 1977; Moguedet, 1988). L'utilisation d'une ACM permet une étude globale des variations de rendement par espèce et des relations qui les lient au sein des rendements totaux. Une classification dégage ensuite les principaux types d'associations d'espèces rencontrés dans les captures et permet d'étudier leur liaison avec la répartition spatio-temporelle des stocks exploités. Nous analysons ensuite l'évolution de ces types et confrontons ces résultats aux variations observées dans la répartition de l'effort de pêche et les caractéristiques des flottilles présentes dans la pêcherie. Ceci nous permet d'en mettre en évidence les principales tendances évolutives.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Analyse des correspondances multiples et classification

L'ACM est une méthode d'analyse multidimensionnelle qui permet l'étude globale de I individus caractérisés par les modalités de V variables qualitatives. Elle se rapproche de l'analyse en composantes principales (ACP) qui étudie des tableaux croisant individus et

variables quantitatives et de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) étudiant les liaisons entre deux variables qualitatives. On retrouve à la fois dans l'ACM des objectifs de l'ACP et de l'AFC.

- Étude de la ressemblance ou de la dissemblance entre individus. Deux individus se ressemblent s'ils possèdent un grand nombre de modalités en commun.

- Étude des variables, la construction des axes factoriels permet de résumer les variables en un plus petit nombre de variables appelées facteurs. De plus, une étude des liaisons entre couples de variables est menée en analysant les tableaux de contingence croisant leurs modalités respectives.

- Étude des liaisons entre modalités. Deux modalités sont liées si elles sont présentes simultanément chez un grand nombre d'individus ou bien si elles sont associées fréquemment aux mêmes autres modalités.

L'ACM revient à effectuer une analyse des correspondances simples sur un tableau mis sous une forme disjointive complète et considéré comme un tableau de contingence. L'étude de la ressemblance entre les individus et de la liaison entre les modalités est basée sur le calcul de distances du χ^2 (cf. annexe).

Dans l'espace initial muni de ces distances et correspondant à l'ensemble des données, les axes factoriels sont déterminés en recherchant les directions qui absorbent le maximum de la variabilité (ou inertie) du nuage de points. Ce calcul est effectué avec une contrainte d'orthogonalité de chaque nouvel axe aux axes précédemment trouvés. La projection du nuage des individus ou des modalités sur les premiers plans factoriels permet ensuite des interprétations graphiques simples des proximités. Dans une ACM, les variables existent de manière implicite et leur étude se fait grâce à leurs modalités respectives.

Les distances calculées entre les individus dans l'espace des premiers axes factoriels permettent, à l'aide d'une méthode de classification couplée à l'ACM, leur regroupement en classes homogènes. La méthode utilisée ici est la « classification ascendante hiérarchique. » On part de I individus à classer que l'on assimile à I classes. A chaque étape, on cherche les deux classes les plus proches que l'on fusionne. Le critère de proximité utilisé est celui de la perte minimale d'inertie ou méthode de Ward. La procédure se répète jusqu'à ce qu'il n'y ait plus qu'une seule classe. Le choix d'une partition se fait ensuite par coupure de l'arbre d'agrégation obtenu (dendrogramme) à un niveau où les classes sont relativement homogènes.

Domaine d'étude

Les données sont issues des Centres régionaux de traitement des statistiques de Pêche (France). Entre 1972 et 1989, ces centres fournissent des données de débarquement en poids de la pêche française classées par espèce et par marée. L'utilisation des livres de

bord (logbook) permet de connaître pour chaque marée, le nombre d'heures de chalutage *par subdivision statistique* du CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer).

Seules les principales espèces débarquées sont analysées ici : lieu noir (*Pollachius virens*), lingue bleue (*Molva dypterygia*), morue (*Gadus morhua*), merlu (*Merluccius merluccius*), églefin (*Melanogrammus aeglefinus*), lingue franche (*Molva molva*), baudroies (*Lophius* sp.) merlan (*Merlangius merlangus*), cardine (*Lepidorhombus whiffiagonis*). Les autres espèces sont regroupées sous la rubrique « divers ».

L'étude porte sur 75 navires de la pêche chalutière hauturière pour lesquels les données sont homogènes sur la période considérée 65 d'entre-eux sont immatriculés à Lorient, les autres proviennent des ports de Boulogne, Concarneau et Douarnenez.

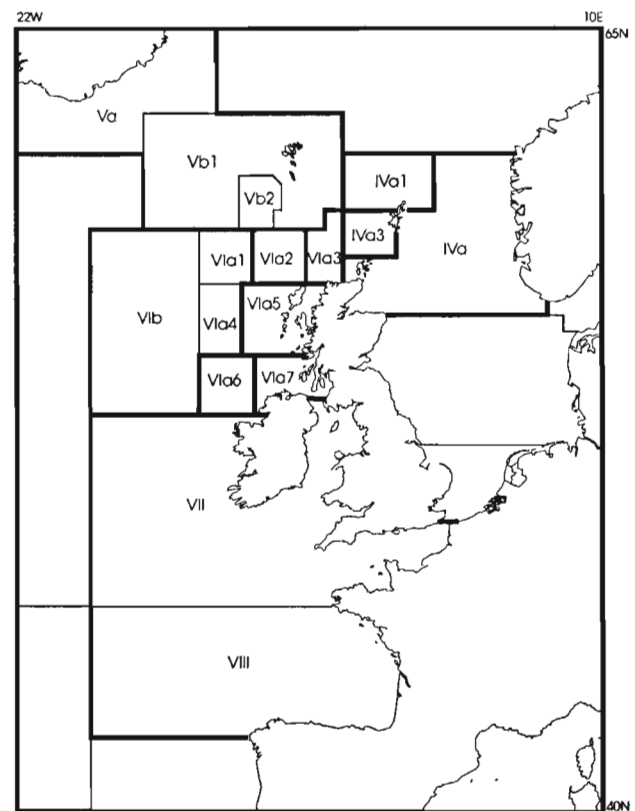


Figure 1. — Secteurs de pêche et subdivisions CIEM.

Fishing area boundaries and ICES subdivisions.

Les subdivisions du CIEM fréquentées par les navires sélectionnés sont nombreuses. Certaines regroupent un grand nombre de marées ou d'heures de chalutage entre 1972 et 1989 alors que d'autres ne sont fréquentées que par peu de bateaux. Pour avoir dans l'analyse un taux de fréquentation suffisant par secteur de pêche, des regroupements ont été effectués à partir de plusieurs éléments : proximité géographique des secteurs, poids en nombre d'heures de chalutage, intérêt pour l'analyse de la répartition des

Tableau 1. — Liste et codes des secteurs de pêche, divisions ou subdivisions du CIEM qui leur correspondent et fréquentation (en heure de chalutage de 1972 à 1989) par secteur.

List and codes of fishing areas, corresponding to ICES divisions and subdivisions and frequentation (hours of trawling from 1972 to 1989) by fishing area.

Code des secteurs	Subdivisions du CIEM	Fréquentation en nombre d'heures (%)
IVa1	IVa1	110 995 (5.6)
IVa3	IVa3	134 019 (6.9)
IVa0	IVa2, IVa4 à IVa9	10 855 (0.6)
Vx0	Va, Vb1, Vb2	66 537 (3.4)
VIx0	VIa1, VIa4, VIb	85 492 (4.4)
VIa2	VIa2	430 059 (22.3)
VIa3	VIa3	158 741 (8.2)
VIa5	VIa5	293 046 (15.2)
VIa6	VIa6	206 562 (10.7)
VIa7	VIa7	43 326 (2.2)
Autres	VII, VIII	387 090 (20.1)

rendements par espèce; 11 secteurs de pêches sont définis (tabl. 1 et fig. 1).

Calcul des rendements par espèces et mise en forme de la base de données

Pour chaque espèce s les débarquements du navire i ayant pêché dans la zone z au cours du mois m de l'année a sont cumulés sur une base mensuelle. Soient $C_{a,m,z,i,s}$ ce débarquement mensuel et $E_{a,m,z,i}$ l'effort de pêche correspondant exprimé en nombre d'heures de chalutage. Les rendements moyens par espèce sont calculés de la façon suivante :

$$Y_{a,m,z,i,s} = \frac{C_{a,m,z,i,s}}{E_{a,m,z,i}} \quad (1)$$

et le rendement total s'écrit :

$$Y_{a,m,z,i} = \frac{\sum_s C_{a,m,z,i,s}}{E_{a,m,z,i}} \quad (2)$$

L'utilisation d'une ACM nécessite la transformation des rendements (variables continues) en variables nominales. Pour chaque variable, la répartition s'est faite en 5 classes ou modalités allant de 0 lorsque le rendement est nul pour l'espèce considérée à 4 lorsque ce rendement est fort (tabl. 2).

Les modalités sont construites de façon à avoir un nombre à peu près égal d'individus dans chacune d'elles pour une variable donnée. Dans ce type d'analyse, le poids de chaque modalité dans la construction des axes factoriels est inversement proportionnel à son effectif, une partition déséquilibrée entraînerait une trop grande prise en compte des classes d'effectif faible (Escofier et Pages, 1990).

La construction de classes de rendements et donc l'utilisation d'une ACM plutôt qu'une ACP entraîne une perte d'information. Elle présente cependant un intérêt dans l'étude des liaisons entre les différents rendements par espèce : l'ACP qui est basée sur les corrélations (ACP normée) ou les covariances (ACP non normée) entre variables ne permet qu'une étude des liaisons linéaires alors que la décomposition des rendements en classes permet la mise en évidence de liaisons non linéaires (Bouroche et Saporta, 1980).

Dans la base de données finale qui contient 17 342 enregistrements, chaque individu est caractérisé par une série de variables (tabl. 3) qui peuvent se scinder en deux groupes :

- 11 variables de rendements (une par espèce, une pour le rendement « divers » et une pour le rendement « total ») que l'on qualifiera par la suite de profil de rendements par espèce,

- des variables qui décrivent les individus : année et mois pendant lesquels ont eu lieu les captures, secteurs de pêche, navires qui les ont réalisées et leurs caractéristiques techniques.

Une pratique courante en ACM consiste à traiter ces deux groupes de façon différente. Dans cette étude qui s'intéresse aux profils de rendements par espèce, ce sont les variables de rendements (excepté le rendement total) qui servent à la construction des axes : variables actives. Les autres variables (années, navires, mois, secteurs, caractéristiques techniques des navires) sont considérées comme variables supplémentaires (tabl. 3). Le positionnement de ces dernières sur les principaux plans factoriels permet ensuite la mise en évidence de la liaison entre chaque facteur pris indépendamment des autres facteurs et la répartition des principaux profils de rendements par espèce. Cette pratique présente un autre intérêt. Le nombre important d'individus rend difficile une étude directe de leurs proximités. Cette étude est menée par le biais de leur appartenance à certaines classe de variables supplémentaires.

Le traitement statistique des données a été réalisé à l'aide du logiciel « Spad.n » ⁽¹⁾ implanté sur le système CDC/UNIX de l'IFREMER de Brest (France).

(1) Système portable pour l'analyse des données. Manuel de référence, 1987, CESIA, Paris, 237 p.

Tableau 2. — Limites des classes de rendements utilisés lors de l'analyse des correspondances multiples (ACM). Les rendements (Y) sont exprimés en kg/heure de chalutage.*Partitioning of the catch rates as input for multiple correspondence analysis (MCA). Catch rates (Y) are expressed in kg/hour of trawling.*

	Espèce/Identificateur	Modalités				
		0	1	2	3	4
<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>	Cardine/CAR	Y=0	Y<1,5	1,5≤Y<3	3≤Y<6	Y≥6
<i>Merluccius merluccius</i>	Merlu/MRU	Y=0	Y<5	5≤Y<15	15≤Y<37,5	Y≥37,5
<i>Gadus morhua</i>	Cabillaud/CAB	Y=0	Y<15	15≤Y<32	32≤Y<64	Y≥64
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Églefin/Egl	Y=0	Y<4	4≤Y<13,5	13,5≤Y<37,5	Y≥37,5
<i>Merlangius merlangus</i>	Merlan/MRA	Y=0	Y<1	1≤Y<2,8	2,8≤Y<9,8	Y≥9,8
<i>Pollachius virens</i>	Lieu noir/LIE	Y=0	Y<45	45≤Y<150	150≤Y<405	Y≥405
<i>Molva molva</i>	Lingue franche/LIF	Y=0	Y<12	12≤Y<26	26≤Y<48	Y≥48
<i>Molva dipterygia</i>	Lingue bleue/LIB	Y=0	Y<2	2≤Y<15	15≤Y<160	Y≥160
<i>Lophius sp.</i>	Baudroie/BAU	Y=0	Y<4	4≤Y<7	7≤Y<15	Y≥15
Divers	Divers/DIV	Y=0	Y<8	8≤Y<24	24≤Y<48	Y≥48

Tableau 3. — Liste des variables utilisées lors de l'ACM, les 9 variables nominales de rendements par espèce et celle du rendement « divers » sont actives. Les autres sont supplémentaires.*List of variables used in MCA, the nine nominal variables of catch rates by species and the "miscellaneous" one are active. The others are supplementary.*

Nom des variables	Type	Unités (variables continues) ou nombre de modalités (variables nominales)
Variables actives		
9 variables de rendement par espèce	Nominale	5 modalités
Rendement divers	"	5 modalités
Variables supplémentaires		
Année	Nominale	18 modalités
Mois	"	12 modalités
Secteur de pêche	"	11 modalités
Navire	"	75 modalités
Tonnage du navire	Continuc	tjb
Puissance du navire	"	kW
Longueur du navire	"	m
Année de construction	"	année
Effort de pêche	"	heure de chalutage
Rendement total	"	kg/heure

Tableau 4. — Valeurs propres des 7 premiers axes factoriels sélectionnés lors de l'ACM. La colonne *pourcentages cumulés* contient la part de l'inertie totale du nuage expliquée par les axes.*Singular values of the first 7 factorial axes selected in the MCA. The column "cumulated percentages" corresponds to the percentage of total inertia explained by axes.*

Numéro des axes	Valeurs propres	Pourcentages d'inertie	Pourcentages cumulés
1	0,318 5	7,96	7,96
2	0,203 9	5,10	13,06
3	0,177 5	4,44	17,50
4	0,153 9	3,85	21,34
5	0,126 9	3,17	24,52
6	0,120 2	3,01	27,52
7	0,118 4	2,96	30,48

RÉSULTATS

Interprétation des premiers axes et plans factoriels

Les 7 premiers axes factoriels expliquent 30 % de l'inertie totale du nuage de points (tabl. 4). Nous nous limiterons à ces axes car ils apportent suffisamment d'information sur les principales associations de profils de rendements qui se dégagent du nuage. Le fait d'ajouter d'autres axes conduit à des gains faibles sur l'inertie totale expliquée.

Avec une valeur propre de 0,32 l'axe 1 absorbe 8 % de la variabilité totale du nuage et se distingue assez nettement des autres axes qui ont des valeurs propres plus homogènes comprises entre 0,12 et 0,20.

Cinq variables sont fortement corrélées à cet axe (tabl. 5); elles totalisent 66 % de la contribution totale.

Tableau 5. — Contributions aux 7 premiers axes factoriels des variables de rendements par espèces. Les contributions sont calculées en faisant la somme des contributions des modalités de chaque variable à la construction de chacun des axes sélectionnés.

Contributions of the catch rates by species variables to the first seven axes. Contributions are calculated by summing the contributions of the modalities of each variable.

Variables		Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6	Axe 7
<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>	Cardine	11,1	12,2	13,4	10,3	2,5	17,7	4,5
<i>Merluccius merluccius</i>	Merlu	8,4	8,2	7,3	12,7	9,6	18,1	2,5
<i>Gadus morhua</i>	Cabillaud	16,9	17,6	2,0	10,3	4,9	13,1	21,0
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Églefin	15,1	20,9	6,6	3,2	5,9	14,9	7,1
<i>Merlangius merlangus</i>	Merlan	8,0	4,8	24,6	2,7	4,7	1,2	16,7
<i>Pollachius virens</i>	Lieu noir	12,1	5,6	15,5	7,0	1,1	5,0	12,2
<i>Molva molva</i>	Lingue franche	10,9	10,4	10,4	19,4	8,2	1,4	9,6
<i>Molva dipterygia</i>	Lingue bleue	2,9	1,2	12,2	5,0	42,5	1,4	5,7
<i>Lophius</i> sp.	Baudroie	7,0	10,4	6,8	17,5	10,4	10,5	15,6
Divers		7,5	8,7	1,3	11,8	10,2	16,7	5,1

Ce sont les variables de rendements de cardine, cabillaud, églefin, lieu noir et lingue franche. Ce premier axe peut être interprété comme un axe de spécialisation des profils de rendements. L'allure dissymétrique de la figure 2 est la conséquence de la position particulière des profils très spécialisés qui sont éloignés du centre de gravité du nuage ⁽²⁾. La modalité qui correspond aux rendements élevés en lingue bleue se trouve au milieu des modalités de rendements nuls des espèces citées précédemment; une partie de ces profils spécialisés l'est donc sur l'espèce lingue bleue.

La répartition des profils de rendements se fait ensuite suivant des valeurs simultanément croissantes de modalités pour les rendements du cabillaud, de l'églefin, de la cardine et la lingue franche. Le deuxième axe peut ainsi s'interpréter comme un facteur d'échelle de rendements.

Après projection des variables supplémentaires à fortes contributions sur ces deux axes (fig. 2) on remarque que les années sont ordonnées et alignées suivant une des diagonales du plan factoriel 1/2. Des profils « spécialisés » (situés en haut et à gauche du plan), liés au début de la période (1972-1974) et aux secteurs de pêche du large de l'ouest de l'Écosse (Vlx0), de la mer Celtique et du golfe de Gascogne (divers) s'opposent aux profils plus « diversifiés » à rendements forts en cabillaud, églefin, cardine et lingue franche liés davantage à la période récente (1983-1989). Un second groupe de profils de rendements « spécialisés » est plus particulièrement lié au secteur des îles Faeroë (Vx0). Sa position sur le plan factoriel indique une faible liaison avec l'année.

L'axe 3 (fig. 3a) a tendance à regrouper des profils à rendements forts en cardine, églefin et merlan d'une

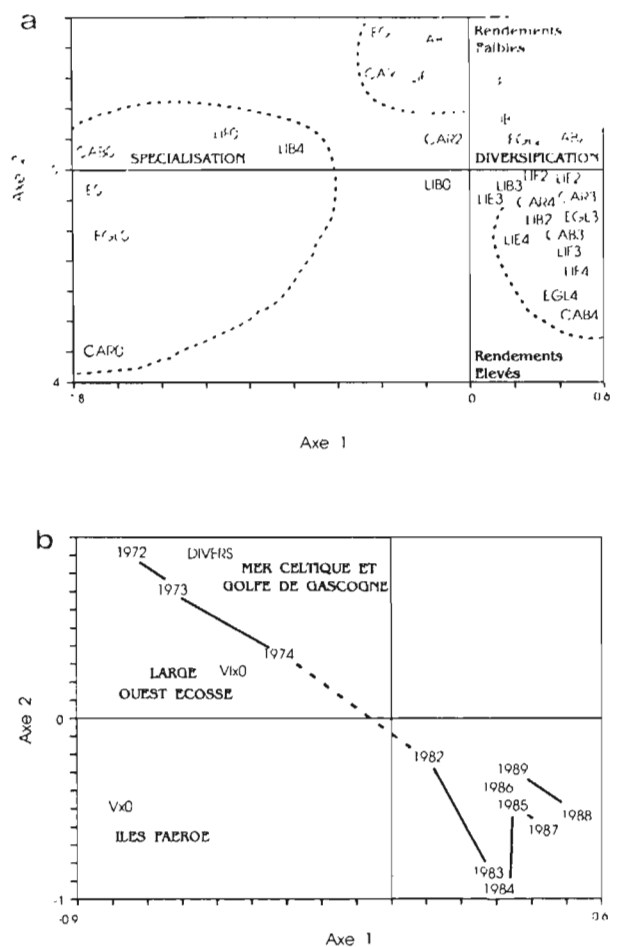
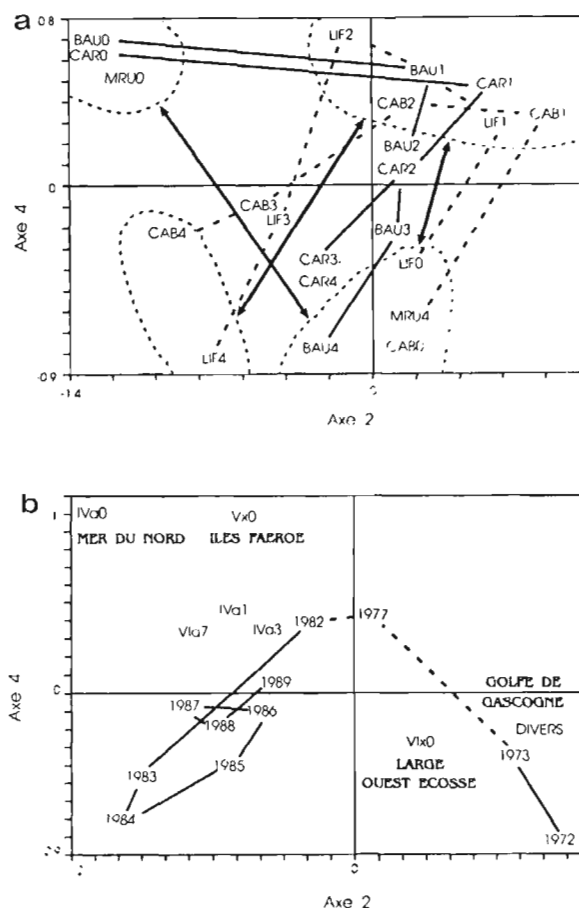


Figure 2. — Plan factoriel 1/2. a : projection des variables actives, b : projection des variables supplémentaires.

Factorial plan 1/2, a : projection of the active variables, b : projection of the supplementary variables.

(2) Ce phénomène est relativement fréquent en ACM (Escoffier et Pagès, 1990). Il conduit parfois à recommencer l'analyse sans ces individus qui, du fait de leur éloignement du nuage, ont tendance à attirer les premiers axes. Dans notre cas, il nous a semblé préférable de les conserver car l'information qu'ils apportent est intéressante et sera utile lors de la classification des profils de rendements.

part et à associer des modalités opposées pour les rendements en cardine et lingue franche d'autre part.



Factorial plan 2/4, a: projection of the active variables, b: projection of the supplementary variables.

(VIa6) qui se retrouvent près du groupe de profils à rendements forts sur la lingue franche et le lieu noir.

Ainsi, le plan 2/3 associé des espèces qui ont vu leurs rendements croître globalement de 1972 à 1989. Au sein de chaque année cependant, il met en évidence par l'axe 3 les variations saisonnières et par secteur de pêche qui distinguent la lingue franche (espèce exploitée surtout dans le nord de l'Ecosse au printemps et en été) de la cardine, de l'églefin et du merlan (espèces plus côtières capturées en automne-hiver).

L'axe 4 (fig. 4a) oppose les modalités de rendements faibles aux modalités fortes de la baudroie, du merlu et de la cardine ainsi que les modalités moyennes aux modalités fortes ou nulles de la lingue franche et du cabillaud. Dans le plan factoriel 2/4, des profils à rendements nuls en baudroie, merlu et cardine se voient associés plus particulièrement au secteurs de la mer du Nord (IVa0) et des îles Faeroë (Vx0) (fig. 4b). Des profils de rendements à valeurs nulles en cabillaud et lingue franche et liés comme dans les plans précédents aux années 1972-1974 ont

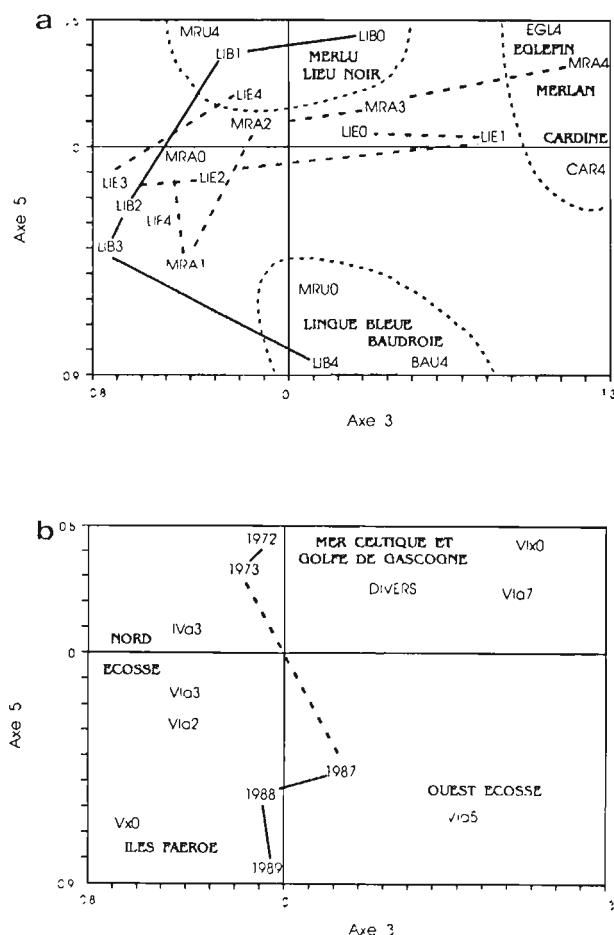


Figure 5. — Plan factoriel 3/5, a : projection des variables actives, b : projection des variables supplémentaires.

Factorial plan 3/5, a : projection des variables actives, b : projection des variables supplémentaires.

aussi des rendements forts en baudroie et merlu et se trouvent associés aux secteurs du large de l'ouest de l'Écosse (Vix0), au golfe de Gascogne et à la mer Celtique. On notera qu'il y a là d'ailleurs une similitude avec certains des profils « spécialisés » mis en évidence par l'axe 1. Enfin, ce plan permet de faire ressortir certaines singularités de la période « intermédiaire » (1977-1982) qui se voit associée à des profils à rendements faibles en lingue franche et cabillaud et faibles à nuls en baudroie et merlu : sur ce plan les années se répartissent selon une parabole.

L'axe 5 (fig. 5) nous montre que la répartition des profils suivant leurs rendements en lingue bleue est très liée à la variable année; on assiste globalement à une croissance des rendements de cette espèce entre 1972 et 1989. Dans le détail, les profils à rendements faibles à nuls qui se situent dans le plan à proximité des années 1972-1973 possèdent simultanément des rendements forts en merlu et lieu noir tandis que les

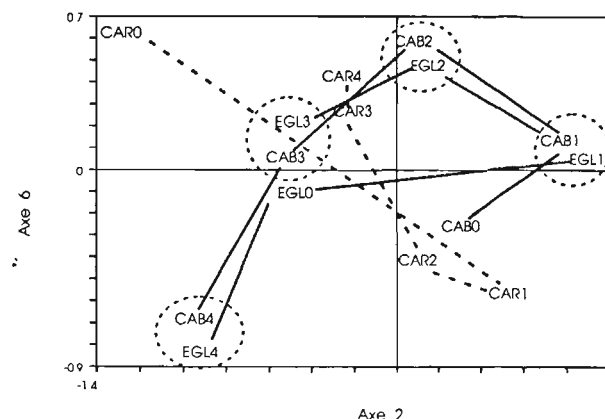


Figure 6. — Plan factoriel 2/6, projection des variables actives.
Factorial plan 2/6, projection of the active variables.

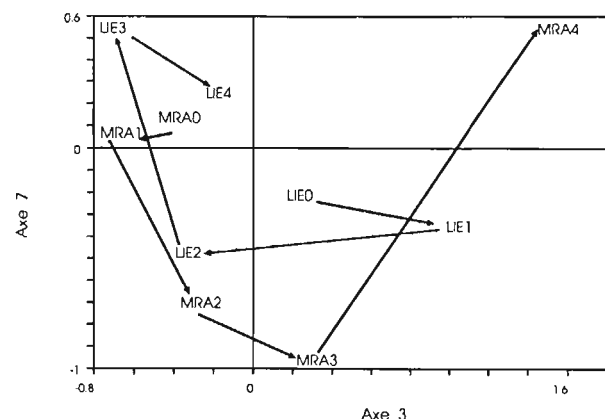


Figure 7. — Plan factoriel 2/7, projection des variables actives.
Factorial plan 2/7, projection of the active variables

profils à rendements élevés liés aux années 1988-1989 ont également des rendements élevés en baudroie et se trouvent associés aux secteurs de l'ouest de l'Écosse (Iva5) et des îles Faeroe (Vx0) et au mois d'avril.

L'interprétation des axes suivants (6 et 7) est plus délicate. Leur intérêt réside dans le fait qu'associés à certains des axes précédents, ils font ressortir des liaisons assez fortes entre couples de variables actives et nous éclairent sur le type de relations qui les lie. Ainsi, les modalités identiques du cabillaud et de l'églefin sont situées dans les régions proches du plan 2/6 (fig. 6). Il en était de même pour la cardine et la baudroie dans le plan 2/4. Pour ces deux couples de variables, la répartition des modalités par profils se fait dans le même sens. Pour le couple lieu noir et merlan, le lien entre variable est similaire mais les modalités des deux variables se répartissent en sens contraire (plan factoriel 3/7; fig. 7). Un tel phénomène est probablement lié à des similitudes (ou différences) dans la distribution spatio-temporelle de ces espèces au sein de chaque année. La cardine et la baudroie (espèces benthiques) et le cabillaud et l'églefin (espèces démersales) ont des aires de répartition

Tableau 6. — Partition des profils de rendements par espèce en 7 classes.*Partition of catch rates by species profiles in seven groups.*

Classes	Effectif	Dénominations des classes	Modalités les plus caractéristiques
1	3 703	Merlu-Lieu noir (rendements faibles sur les autres espèces)	CAB1, CAR1, EGL1, MRA0, BAU1, LIF1, MRU3, LIE3
2	1 191	Lingue bleue-Baudroie (rendements faibles sur les autres espèces)	LIB4, CAB1, MRU1, LIF1, BAU4
3	1 321	Merlu-Baudroie (rendements nuls sur les autres espèces)	CAB0, LIE0, MRA0, LIF0, EGL1, MRU4, BAU4
4	2 459	Lingue bleue (rendements nuls sur les autres espèces)	CRA0, BAU0, MRU0, EGL0, CAB0, LIE0, LIF0, MRA0, LIB4
5	2 296	Merlan-Églefín-Cardine (rendements faibles en lingue franche, merlu et lieu noir)	MRA4, EGL4, CAR4, MRU1, LIB0, LIE1, LIF1
6	3 427	Rendements moyens sur la plupart des espèces (rendements faibles en baudroie).	CAB3, LIF3, EGL3, MRA3, LIE2, BAU1, CAR2, MRU2, LIB3
7	3 511	Lingue franche-Cabillaud-Lieu noir (rendements moyens sur les autres espèces et faibles en merlan)	LIF4, CAB4, LIE4, MRA1, CRA3, LIB2, EGL3

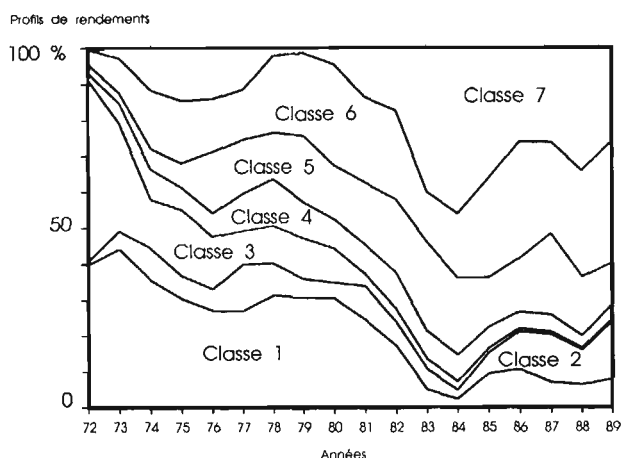
qui se chevauchent et sont capturées aux mêmes saisons. Le merlan est une espèce côtière capturée surtout dans le nord de la mer du Nord alors que le lieu noir est capturé au nord de l'Écosse dans des zones plus profondes.

Sur le plan 2/6, la position des modalités de la cardine par rapport à celles de l'églefin et du cabillaud mérite d'être soulignée. Les modalités de ces deux dernières variables se répartissent approximativement suivant une parabole (effet Guttman) et celles de la cardine se situent sur l'axe de symétrie de cette parabole. Ainsi, des rendements faibles en cardine sont associés fréquemment à des rendements faibles ou forts en cabillaud et églefin et des rendements forts en cardine se voient associés à des rendements moyens en cabillaud et églefin. Un phénomène identique est observé sur le plan 3/5 (*fig. 5a*) où les modalités du lieu noir et du merlan se répartissent le long de l'axe 3 et celles de la lingue bleue suivent une parabole. Ces deux exemples sont typiquement des cas de liaisons non linéaires entre variables.

Partition de la population des profils de rendements

Jusqu'à présent, les profils de rendements par espèce ont été étudiés de manière visuelle au travers de leur projection dans l'espace des premiers axes factoriels. La procédure de classification qui suit permet, non plus de manière visuelle mais par le calcul, d'affecter chaque profil de rendement à une classe. Chaque classe possède alors des profils ayant un grand nombre de modalités communes sur les mêmes espèces.

La classification s'est faite dans l'espace des 7 premiers axes factoriels qui comme nous l'avons souligné, expliquent l'essentiel de la variabilité du nuage de points. La coupure du dendrogramme en 7 classes nous est apparue satisfaisante. En effet, même si l'inertie entre ces classes ne représente que 43 % de l'inertie totale du nuage des points-individus dans l'espace des axes factoriels, le passage à un

**Figure 8.** — Évolution annuelle de la répartition des classes de profils de rendements entre 1972 et 1989.

Yearly distribution of catch rate profile groups between 1972 and 1989.

nombre supérieur de classes n'apporte pas un gain important en terme d'inertie (on passe à 55 % pour dix classes) mais surtout ne dégage pas de sous groupe intéressant par rapport à la partition en 7 classes.

Description de la partition par les modalités actives

Chaque classe définie par cette partition peut être caractérisée par un ensemble de modalités des variables actives. A partir des modalités les plus représentatives (*tabl. 6*), il est possible d'interpréter ces classes en terme d'association d'espèces qui dominent dans les profils de rendement : la dénomination proposée permet d'en avoir une image synthétique. Il convient de noter que ces associations se font sur la base des modalités. Or, suivant l'espèce, une même modalité peut correspondre à des rendements très différents : ainsi, la classe 2 des profils à rendements « forts » en lingue bleue et baudroie associe des rendements supérieures à 160 kg/heure pour la première espèce

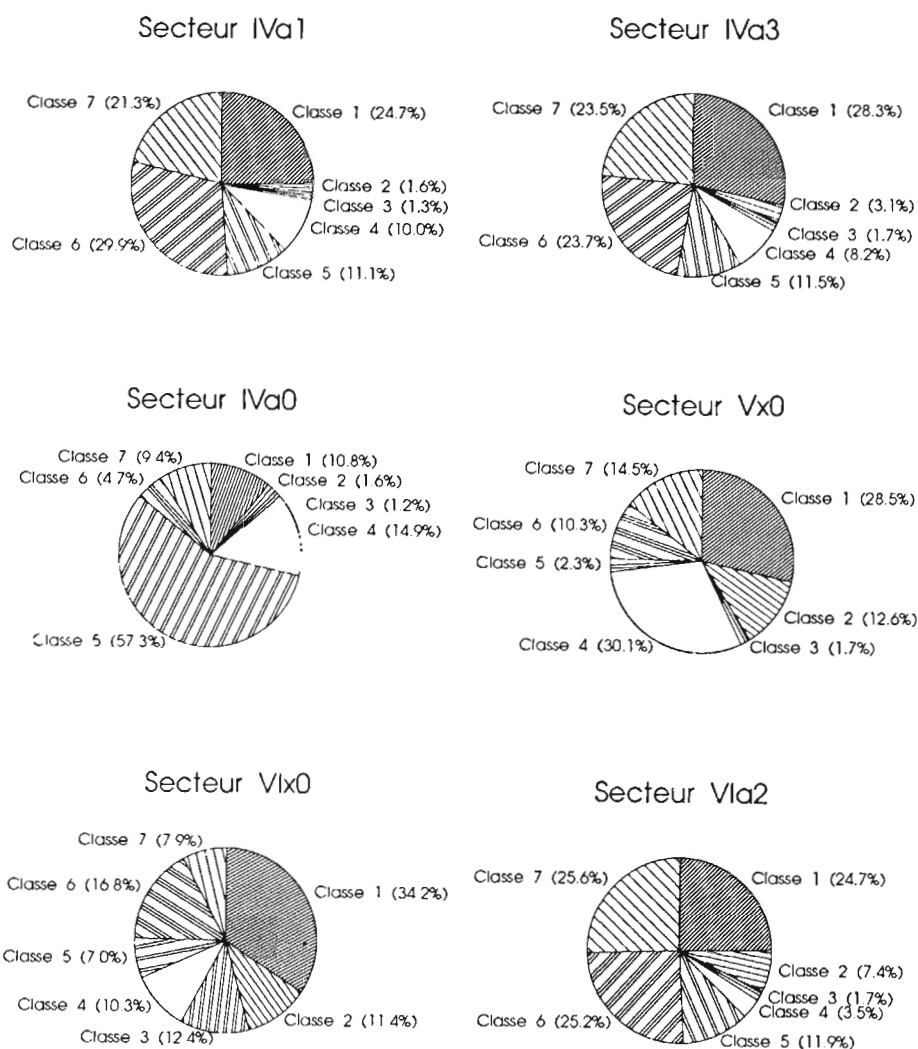


Figure 9

à des rendements supérieurs à 15 kg/heure pour la seconde. Le terme « fort » s'entend donc relativement à chaque espèce.

Illustration de la partition par les variables supplémentaires

Les variables nominales supplémentaires ont été croisées avec chaque classe de la partition. La répartition des classes au sein des modalités de ces variables permet de connaître les classes qui les caractérisent le plus. Pour les variables continues, les valeurs moyennes dans la classe et sur l'ensemble de la population sont calculées. Les variables supplémentaires analysées ici sont : l'année, le secteur de pêche et le mois pour les variables nominales, les caractéristiques techniques des navires et le rendement total et par espèce pour les variables continues. Étant donné le nombre important de navires, le rôle joué par cette variable est abordé au travers des caractéristiques

techniques moyennes par classe. Les résultats confirment et éclairent certaines des liaisons entre variables et entre modalités mises en évidence par l'ACM.

Les variations inter-annuelles du pourcentage de profils de rendements appartenant à chaque classe définie par la partition (fig. 8) montrent les principales tendances évolutives de la pêche entre 1972 et 1989.

— Sur l'ensemble de la période, on assiste au passage progressif de profils de rendements relativement spécialisés sur les espèces lieu noir et merlu ou baudroie et merlu à des profils de rendements plus diversifiés vers l'ensemble des espèces (classes 5, 6 et 7). Au début des années 80, la classe 3 ne représente plus qu'une très faible part des profils annuels (environ 1 %) alors qu'elle en représentait plus de 50 % en 1972,

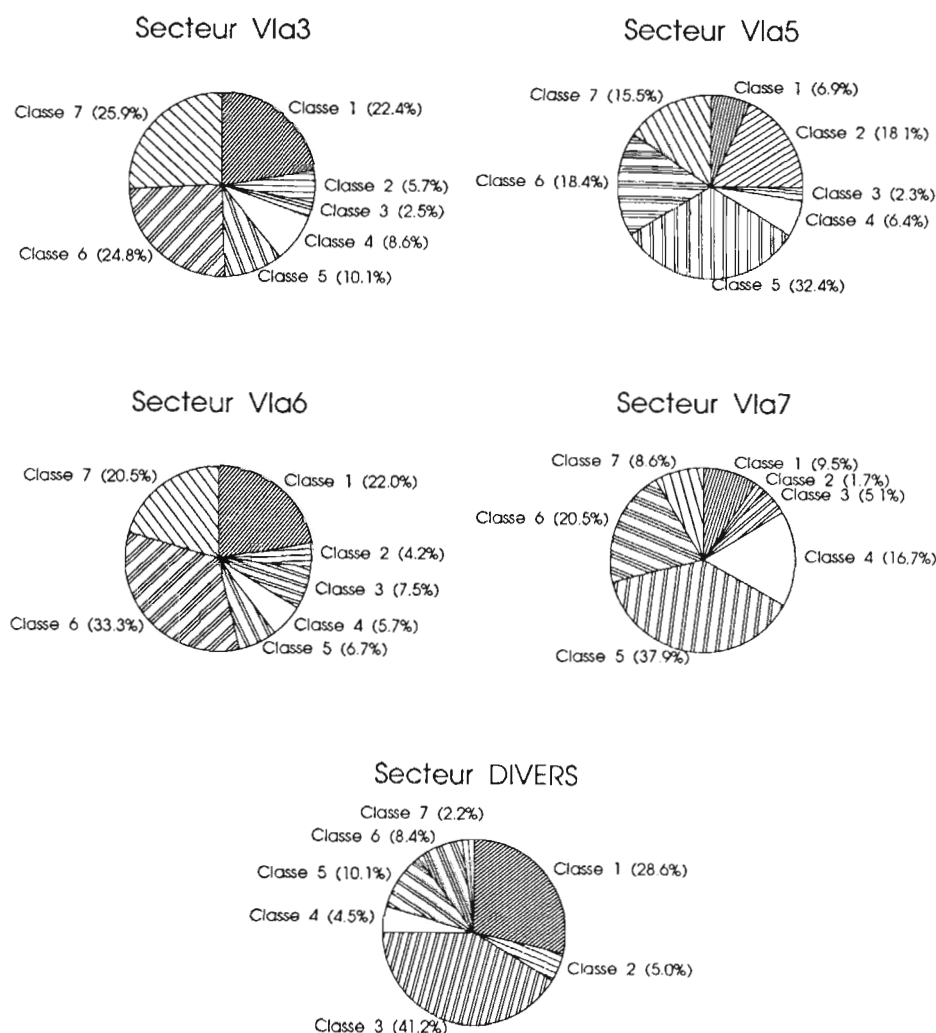


Figure 9 (suite). — Répartition des classes de profils de rendements par secteur de pêche

Distribution of catch rate profile groups by fishing area.

— Dans le détail, cette évolution générale a subi quelques fluctuations qui permettent de distinguer plusieurs phases. De 1972 à 1977, on entre dans le schéma général d'une diversification. Les classes 2 et 4 se développent également ce qui correspond à l'augmentation du nombre de profils de rendement à valeurs fortes sur la lingue bleue. De 1978 à 1980, la tendance est à une stagnation et même à une diminution des rendements par espèce dans les profils et un arrêt de leur diversification : les classes 1 et 3 se stabilisent, les classes 4 et 6 continuent à augmenter, alors que les classes 5 et surtout 7 diminuent. A partir de 1980 et jusqu'à 1985, on retrouve la tendance générale à l'augmentation de l'importance des classes 5, 6 et 7. Les rendements sur l'églefin, le cabillaud, la cardine, la baudroie et le merlu croissent simultanément. Depuis 1985, un léger tassement de ces classes se fait au profit des classes 1 et surtout 2 (lingue bleue et baudroie).

La répartition des profils par secteur de pêche (fig. 9) dégage plusieurs groupes de secteurs en fonction des types de profils de rendements dominants qu'ils possèdent. On peut regrouper ainsi :

— les zones traditionnelles de pêche du lieu noir et de la lingue franche situées dans les secteurs nord de l'Écosse (IVa1, IVa3, VIa2, VIa3) et nord-ouest de l'Irlande (VIa6) où dominent les profils du type 1, 6 et 7 ;

— les secteurs de pêche du nord de la mer du Nord (IVa0) et la partie côtière de l'ouest de l'Écosse (VIa5 et VIa7) où les profils de rendements ont plutôt des valeurs fortes sur l'églefin, la cardine, le cabillaud, la baudroie et le merlan. Dans les secteurs VIa5 (ouest des Hébrides) et VIa7 (nord de l'Irlande), on retrouve également une forte proportion de profils à rendements forts en lingue bleue (classe 4) associés aux rendements les plus élevés en baudroie (classe 2) — ces

Profils de rendements

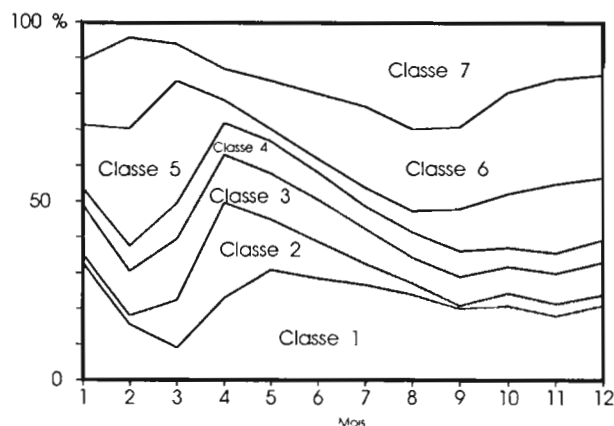


Figure 10. - Évolution mensuelle de la répartition des classes de rendements.

Monthly distribution of catch rate profile groups.

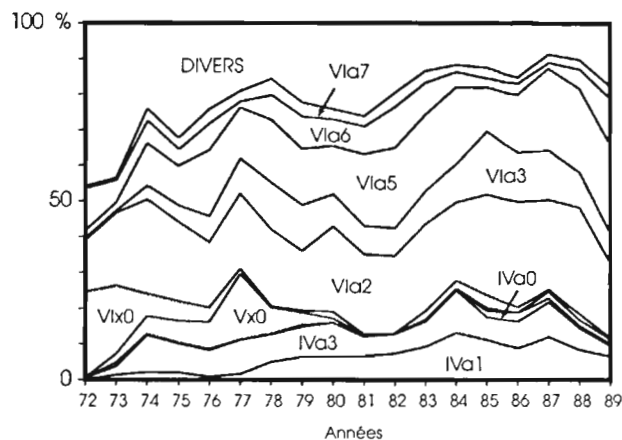


Figure 11. - Évolution annuelle de la répartition de l'effort de pêche par secteur entre 1972 et 1989.

Yearly distribution of fishing effort by fishing area between 1972 and 1989.

Tableau 7. - Rendements moyens « totaux » et « par espèce » (kg/heure de chalutage), calculés à partir des variables continues de rendements, pour chaque classe de profils issue de la classification ascendante hiérarchique (CAH).

"Total" and "by species" average catch rates (kg/hour of trawling) calculated from catch rate continuous variables, for each group of profiles produced by the hierarchical ascending classification (IIAC).

		Classes de profils							Total
Espèce		1	2	3	4	5	6	7	
<i>Pollachius virens</i>	Lieu noir	250,9	127,5	36,7	188,3	231,1	241,9	288,9	215,3
<i>Molva dipterygia</i>	Lingue bleue	14,8	299,0	14,9	180,1	13,6	18,9	28,8	51,25
<i>Gadus morhua</i>	Cabillaud	21,4	15,0	2,8	23,1	62,6	38,2	85,5	39,1
<i>Merluccius merluccius</i>	Merlu	26,2	11,6	40,8	7,7	11,1	22,2	32,9	23,5
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Eglefin	8,9	6,8	5,1	17,7	65,1	24,2	28,9	23,4
<i>Molva molva</i>	Lingue franche	13,0	19,9	4,2	13,9	20,1	28,2	72,3	26,7
<i>Lophius sp.</i>	Baudroie	5,9	15,4	14,9	2,6	12,2	9,5	12,6	10,2
<i>Merlangius merlangus</i>	Merlan	0,5	0,7	0,4	4,5	31,5	2,2	1,3	5,7
<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>	Cardine	2,9	5,0	4,9	1,0	10,1	4,8	5,2	4,9
Divers		16,4	43,8	25,1	43,6	38,9	31,7	35,16	30,8
Total		361,4	545,0	149,9	482,1	496,4	422,3	591,9	431,3

Tableau 8. - Caractéristiques techniques moyennes des navires par classe de profils de rendements issue de la classification ascendante hiérarchique.

Average technical characteristics of boats by group of catch rate profiles produced by the hierarchical ascending classification (IIAC).

Caractéristiques	Classes de profils							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Année de construction	70,2	73,4	64,9	72,5	74,1	73,5	73,8	71,9
Puissance (kW)	1251	1332	1007	1362	1179	1324	1387	1226
Tonnage (tjb)	528	529	438	553	438	529	572	515
Longueur (m)	50,3	50,0	46,8	51,6	45,4	50,0	52,4	49,6

profils correspondent probablement à des captures faites au niveau de l'accore;

- le secteur des îles Faeroë (Vx0) a des profils où dominant le lieu noir et la lingue bleue;

- les secteurs situés au large de l'ouest de l'Écosse (VIx0) a également des profils peu diversifiés à rendements forts sur le lieu noir, la lingue bleue et la baudroie;

- enfin, les secteurs de pêche situés le plus au sud (mer Celtique et nord du golfe de Gascogne) ont essentiellement des profils où dominant le merlu et la baudroie.

Sur la plupart des plans factoriels dégagés par l'ACM, les mois sont situés au centre du nuage, ce qui traduit de la part de cette variable, une faible contribution à la construction des axes. On retrouve

ce phénomène sur la répartition mensuelle des profils de rendement. Son interprétation est difficile et seuls les traits les plus marquants des associations entre profils de rendements et mois apparaissent (*fig. 10*);

- les profils à rendements élevés en cardine, églefin et merlan (classe 5) sont plus importants en automne et en hiver;
- les profils à rendements élevés en lingue bleue (classe 2) prennent de l'importance au printemps;
- au cours du printemps et de l'été, on assiste à une diversification des rendements avec l'augmentation des classes de profils 6 et 7.

Les rendements moyens totaux et par espèce par classe de profil (*tabl. 7*) confirment la définition donnée à ces classes à l'issue de la partition. Ces résultats permettent également de voir les écarts de rendements qui existent entre les espèces débarquées : le lieu noir et la lingue bleue ont des rendements moyens qui sont en général nettement plus élevés que les autres espèces. Ceci a des conséquences sur le rendement total pour lequel les valeurs les plus fortes sont observées dans les classes où dominent ces deux espèces : 2 et 4 pour la lingue bleue et 5 et 7 pour le lieu noir. Ce rendement prend de plus ses valeurs les plus faibles pour les classes présentes surtout en début de période (classes 1 et 3) ce qui traduit une nouvelle fois la tendance à une augmentation globale des rendements sur la période. On remarque de plus que le rendement du groupe d'espèces « divers » est peu différent d'une classe à l'autre. Le faible rôle joué par cette variable dans la variabilité du nuage se retrouve ici.

Ce sont des navires construits pour la plupart au cours des années soixante qui sont à l'origine des profils de rendement des classes 1 et 3 (*tabl. 8*) : ces classes sont dominantes en début de période. Il en est de même pour les classes 2, 5, 6, 7 qui prédominent en fin de période et sont le fait de navires plus récents construits en moyenne au milieu des années soixantedix. Au sein de ces deux groupes, des relations apparaissent entre la partition des profils et la taille moyenne des navires qui les réalisent :

- les profils à rendements élevés en merlu et baudroie (classe 3) et en merlan, églefin et cardine (classe 5) correspondent à des navires de taille relative faible (45 m pour environ 430 tjb et 1 000 kW de puissance motrice),
- les profils spécialisés en lingue bleue (classe 4) et ceux qui sont à rendements totaux les plus élevés et diversifiés en lingue franche, cabillaud, lieu noir (classe 7), correspondent aux navires les plus grands (> 50 m) et les plus puissants (environ 1 400 kW),
- enfin, les profils spécialisés en merlu et lieu noir (classe 1) ou bien en lingue bleue et baudroie (classe 2) ainsi que ceux qui sont plus diversifiés à rendements moyens en lieu noir (classe 6) sont réalisés par des navires de longueurs et tonnages équivalents (50 m et 530 tjb). Toutefois, les navires à l'origine de

la classe 1 sont en moyenne légèrement moins puissants (1 250 kW au lieu de 1 325 kW).

DISCUSSION

L'ACM appliquée aux rendements de chalutiers hauturiers français exploitant l'Atlantique Nord-Est met en évidence les principales associations d'espèces qui apparaissent dans les captures de la période 1972-1989. Ces associations sont liées pour une part à des similitudes dans la répartition spatiale et/ou saisonnière des espèces pêchées. Les résultats sont en concordance avec les rendements par secteurs et saisons obtenus lors d'études précédentes (Njock, 1977; Blanquet, 1987) et avec l'analyse log-linéaire de ces rendements menée par Moguedet (1988) dans son étude sur la stratégie de pêche déployée par les navires hauturiers du port de Lorient. Ainsi, les secteurs à profils de rendements élevés en lieu noir et lingue franche situés au nord de l'Écosse (VIa2, VIa3, IVa1, IVa0) voient également des profils de rendements élevés sur plusieurs autres espèces : cabillaud, églefin et merlu. Il en est de même pour les secteurs à rendement élevés en merlan situés au nord de la mer du Nord (IVa0) où les profils de rendements ont aussi des valeurs fortes en cardine et en églefin. la lingue bleue est surtout présente dans les profils de rendement des secteurs des îles Faeroë (Vx0) et du large de l'Ouest-Écosse (VIx0). Des espèces benthiques comme la cardine ou la baudroie sont souvent associées dans les captures. Pour ce qui concerne la saisonnalité des profils de rendements, on a pu voir qu'elle était partiellement masquée par les évolutions annuelles et la répartition spatiale de ces profils. L'analyse fait malgré tout ressortir les tendances les plus marquantes : augmentation du nombre de profils de rendements à valeurs fortes sur la lingue bleue à la fin de l'hiver et au printemps et diversification des profils en été et en automne vers la lingue franche, l'églefin et le cabillaud.

Les variations inter-annuelles des profils de rendements constituent l'élément prépondérant qui ressort de l'étude. L'augmentation et la diversification importante des rendements entre 1972 et 1977 sont liées au développement important de la pêche (Moguedet, 1988). Un léger tassement des rendements leur succède jusqu'en 1980. Il est consécutif pour une part à l'augmentation de l'effort de pêche de la période précédente. A partir de cette date, la croissance reprend et passe par un maximum en 1984-1985 pour les espèces cabillaud, églefin et lingue franche. Outre les variations possibles d'abondance des espèces, cette reprise de la croissance jusqu'en 1984 est la conséquence de plusieurs phénomènes.

— Réduction de l'effort de pêche global en 1978 lors de l'extension de la Zone économique exclusive de la CEE à 200 milles : les flottilles de navires-usines d'URSS et de l'Allemagne de l'Est ont été exclues de

la zone et un accord entre la CEE et la Norvège a contingenté l'activité des navires norvégiens (Moguedet, comm. pers.). Bien que ces flottilles exploitaient d'autres espèces, cette réduction de l'effort a certainement joué un rôle.

— Construction de nouvelles unités plus performantes à la fin des années soixante-dix : on a pu voir que les classes de rendements diversifiés et les plus élevés sur une majorité d'espèces sont le fait de navires récents et de grandes dimensions.

A partir de 1985, des limitations de captures ont été imposées sur plusieurs espèces : cabillaud, lieu noir et lingue bleue (Blanquet, 1987). Ceci peut expliquer la relative diminution de rendements observées notamment sur le cabillaud après cette date.

L'analyse fait de plus ressortir le développement de l'exploitation de la lingue bleue à partir du début des années soixante-dix.

L'illustration des classes de profils par les caractéristiques techniques moyennes des navires nous apporte quelques éléments complémentaires sur le rôle joué par les navires dans l'évolution des profils de rendements. Elle nous éclaire également sur l'évolution de la stratégie des pêcheurs qui ont adapté leurs outils de production. Les navires responsables des profils spécialisés en merlu et baudroie et en merlu et lieu noir ont été construits pour la plupart dans les années soixante. Certains d'entre eux correspondent aux chalutiers de pêche latérale qui travaillaient pendant les années soixante dans le golfe de Gascogne, le sud de l'Irlande ainsi qu'en mer d'Irlande (Njock, 1977). Ces bateaux exploitaient essentiellement le merlu. Face à la surexploitation de cette espèce, il y a eu abandon de ces zones de pêche au profit de secteurs situés plus au nord (ouest et nord de l'Écosse) et plus riches en Gadidés (fig. 11). On a assisté ensuite au remplacement progressif de ces bateaux par des chalutiers de pêche arrière plus puissants. Pendant les années soixante-dix l'augmentation et la diversification des rendements se sont

faites en parallèle avec la poursuite de l'augmentation de la taille et de la puissance motrice des navires. Ceci leur a permis d'accéder plus rapidement aux lieux de pêche et de prospecter des secteurs de plus en plus profonds à la recherche de la lingue bleue notamment. A la fin des années soixante-dix, des bateaux de petite taille (40 m pour 400 tjb) mais relativement puissants ont fait leur apparition dans la pêche. Ces navires sont issus pour la plupart des ports de Concarneau et Douarnenez et travaillaient traditionnellement en mer Celtique. Ils se sont mis à exploiter des secteurs plus côtiers que les précédents et associent donc dans leurs rendements le merlan, l'églefin et la cardine.

L'utilisation d'une technique d'analyse des données nous a fourni une image synthétique de cette pêche sur la période 1972 à 1989. Elle a permis d'extraire et de hiérarchiser les principales tendances de cette base de données qu'il aurait été difficile d'appréhender directement. Le caractère multidimensionnel de l'analyse a permis de plus de déceler des liaisons parfois complexes entre variables de rendements par espèce qu'une étude séparée n'aurait pas pu mettre en évidence. L'utilisation conjointe d'une méthode de classification a permis le regroupement des principaux profils de rendements dégagés par l'ACM, le croisement de ces types de profils avec les variables supplémentaires a mis en évidence les principales relations qui les lient. Cependant, l'étude de ces relations mériterait d'être approfondie. Les variations inter-annuelles observées pourraient être confrontées à d'autres sources de données. La prise en compte de la variabilité de la ressource pourrait se faire en utilisant des indices d'abondance par espèce mesurés indépendamment. Une étude des marchés et des changements intervenus dans les stratégies de pêche apporteraient des éléments complémentaires. De plus, le rôle joué par les navires a été étudié à l'aide de leurs caractéristiques techniques moyennes par classe de profils. Une classification des navires, suivant leurs classes de profils de rendements respective, permettrait une approche individuelle de ces navires et affinerait ainsi l'analyse.

Remerciements

Je souhaite remercier A. Biseau, J.-L. Durant et P. Moguedet, ainsi que deux lecteurs anonymes pour leurs commentaires sur une première version de ce manuscrit. Je tiens également à remercier V. Freycon pour m'avoir fait bénéficier de sa connaissance des méthodes d'analyse des données utilisées dans cet article.

RÉFÉRENCES

- Allen P. M., J. M. McGlade, 1986. Dynamics of discovery and exploitation: the case of the scottian shelf groundfish fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **43**, 1187-1200.
- Allen R., R. Punsly, 1984. Catch rates as indices of abundance of yellowfin tuna, *Thunnus albacares* in the Eastern Pacific Ocean. *Inter. Am., Trop. Tuna Comm. Bull.*, **18**, 303-379.
- Benzecri J. P., 1973. L'analyse des données, tome 2 : L'analyse des Correspondances, Dunod Paris.
- Beverton R. J. H., S. J. Holt, 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *UK: Fish. Inv., Ser.*, **2**, 19; 533 p.

- Biseau A., E. Gondeaux, 1988. Apport des méthodes d'ordination en typologie des flottilles. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, **44**, 286-296.
- Blanquet P., 1987. La pêche industrielle et semi-industrielle lorientaise en 1985 : Structure-Captures-Exploitation. DEA Univ. Rennes I, 110 p.
- Botsford L. W., R. D. Methot Jr. W. E. Johnston, 1983. Effort dynamics of the northern California Dungeness crab (*Cancer magister*) fishery. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **40**, 337-346.
- Bouroche J. M., G. Saporta, 1980. L'Analyse des données. Coll. Que Sais-je. PUF Paris, 127 p.
- Brown B. E., J. A. Brennan, M. D. Groslein, E. G. Heyerdahl, R. C. Hennemuth, 1976. The effect of fishing on the marine finfish biomass in the Northwest Atlantic from Gulf of Maine to Cape Hatteras. *Int. Comm. Northw. Atlant. Fish.*, **12**, 49-68.
- Escotier B. J. Pagès, 1990. Analyses factorielles simples et multiples. Objectifs, méthodes et interprétation. Deuxième éd., Dunod, Paris, 267 p.
- Fréchet A., 1990. Catchability Variations of Cod in the Marginal Ice Zone. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **47**, 1678-1683.
- Gavaris S., 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **37**, 2272-2275.
- Gondeaux E., 1988. Élaboration d'une stratégie d'analyse des activités halieutiques des flottilles artisanales côtières. Thèse dr. Univ. Aix-Marseille, 287 p.
- Gulland J. A., 1956. On the fishing effort in English demersal fisheries. *UK: Fish. Inv., Ser.*, **1**, 5, 41 p.
- Hilborn R., M. Ledbetter, 1979. Analysis of the British Columbia salmon purse-seine fleet: dynamics of movement. *J. Fish. Res. Board Can.*, **36**, 384-391.
- Hilborn R., M. Ledbetter, 1985. Determinants of catching power in the British Columbia salmon purse seine fleet. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **42**, 51-56.
- Hilborn R., C. J. Walters, 1987. A general model for simulation of stock and fleet dynamics in spatially heterogeneous fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **44**, 1366-1369.
- Hudon G., 1990. Une comparaison des résultats de modèles Log-linéaires et de généralisation de l'Analyse des Correspondances. *Rev. Stat. Appl.*, **38**, 43-53.
- Kimura D. K., 1981. Standardized measures of relative abundance based on modelling log (c.p.u.c.), and their application to Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*). *J. Cons. Int. Explor. Mer*, **39**, 211-218.
- Laurec A., A. Biseau, A. Charuau, 1991. Modelling technical inter-actions. *Rapp. P.-V. Cons. Int. Explor. Mer*.
- Laurec A., A. Fonteneau, 1979. Estimation de l'abondance d'une classe d'âge. Utilisation des c.p.u.c. de plusieurs engins, en différentes zones et saisons. *Res. Doc., CICTA*, **88**, 79-100.
- Moguedet P., 1988. Approche de la dynamique de stocks accessoires : le cas des lingues (*Molva* sp.) exploitées par la flottille industrielle lorientaise. Thèse dr. Univ. Lille, 301 p.
- Njock J. C., 1977. Étude des pêcheries françaises de l'Atlantique du Nord-Est : analyse critique des statistiques de pêche dans les ports de la côte atlantique de 1961 à 1975. Thèse dr. Univ. Aix-Marseille, 80 p.
- Robson D. S., 1966. Estimation of the relative fishing power of individual ships. *Res. Bull., Int. Comm. North w. Atl. Fish.*, **3**, 5-14.
- Stocker M., D. Fournier, 1984. Estimation of relative fishing power and allocation of effective fishing effort, with catch forecasts, in a multi-species fishery. *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, **42**, 3-9.

ANNEXE

Expression des distances entre individus et entre modalités en analyse des correspondances multiples (ACM)

Soient I individus, caractérisés par V variables possédant chacune M_v modalités, la distance entre deux individus i et j s'écrit :

$$d^2(i, j) = \frac{1}{V} \sum_m \frac{I}{I_m} (x_{i,m} - x_{j,m})^2$$

avec :

$x_{i,m} = 1$ ou 0 si l'individu i possède ou non la modalité m .

I_m : nombre d'individus possédant la modalité m .

$M = \sum_{v=1}^V M_v$: nombre total de modalités.

Cette distance croît en même temps que le nombre de modalités différentes pour les individus i et j . Deux individus sont donc proches si leurs profils suivant les modalités se ressemblent. De même, la distance entre les modalités m et n s'écrit :

$$d^2(m, n) = \sum_{i=1}^I I \left(\frac{x_{i,m}}{I_m} - \frac{x_{i,n}}{I_n} \right)^2$$