



HAL
open science

ORIGINE ET IMPORTANCE DES APPORTS SESTONIQUES AU NIVEAU DES COMMUNAUTÉS BENTHIQUES DES VASES TERRIGÈNES CÔTIÈRES DE BANYULS-SUR-MER

Francis De Bovée, Daniel Delille

► **To cite this version:**

Francis De Bovée, Daniel Delille. ORIGINE ET IMPORTANCE DES APPORTS SESTONIQUES AU NIVEAU DES COMMUNAUTÉS BENTHIQUES DES VASES TERRIGÈNES CÔTIÈRES DE BANYULS-SUR-MER. *Vie et Milieu / Life & Environment*, 1980, 30, pp.97 - 104. hal-03008033

HAL Id: hal-03008033

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03008033v1>

Submitted on 16 Nov 2020

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

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

ORIGINE ET IMPORTANCE DES APPORTS SESTONIQUES AU NIVEAU DES COMMUNAUTÉS BENTHIQUES DES VASES TERRIGÈNES CÔTIÈRES DE BANYULS-SUR-MER

Francis de BOVÉE et Daniel DELILLE

Laboratoire Arago, 66650 Banyuls-sur-Mer (France)

MATÉRIEL PARTICULAIRE
VASE
BENTHOS

RÉSUMÉ. – Une série de six collecteurs, échelonnés de 17 à 31,5 m de profondeur, est placée au-dessus d'un fond de vase (32,5 m). Les récoltes de seston sont réparties pendant 8 périodes au cours d'un cycle annuel. La distribution verticale du matériel particulaire sédimenté présente des variations saisonnières nettes. On observe, près du fond, et quelle que soit la saison, une couche de 2 mètres d'épaisseur, plus riche en particules. La quantité du matériel total récolté est considérable (55 g C/m²/j); plus de 95% est inorganique. Le bilan annuel de carbone est de 210 g C/m²/an. La production primaire pélagique en compose environ la moitié (120 g C/m²/an). 20 à 25% seraient remis en suspension à partir du fond, une quantité équivalente serait due aux apports côtiers. Ces transports latéraux pourraient expliquer la présence dans les collecteurs, d'une faunule atypique de la communauté sous-jacente. Les fortes quantités récupérées laissent penser qu'une partie du matériel récolté ne dépose pas en place.

PARTICULATE MATTER
MUDS
BENTHOS

ABSTRACT. – Seston traps were set at six different depths from 17 to 31,5 m. They were positioned during 8 periods over an annual cycle. The station is localized on the coastal terrigenous muds of Banyuls-sur-Mer at a depth of 32,5 m. The vertical distribution of particular matter exhibit distinct variations during the annual cycle. We observe all around the year a 2 m thick nepheloid layer. The amount of total catch in high (55 g C/m²/j); more than 95% is organic. The annual supply in organic matter is about 210 g C/m²/an. At least 50% of the organic carbon would be derived from primary production (120 g C/m²/an). 20 to 25% would be suspended bottom materials. The remaining part would be originated from coastal and nearshores zones. These horizontal movements could explain that the fauna caught in the traps is quite different from the bottom community. The high quantities of deposited materials in the traps suggest that a part is not sedimented *in situ* but drifts down on to the continental shelf.

INTRODUCTION

Une des directions de recherche du groupe benthos du Laboratoire Arago, est l'étude des flux d'énergie au sein des chaînes benthiques. Ce type de travail nécessite de connaître la part des différents contingents du ben-

thos et la quantité d'énergie nécessaire au fonctionnement de l'écosystème. Cette dernière préoccupation s'appuie notamment sur des observations réalisées sur des vases sublittorales. Aux profondeurs prospectées (32,5 m) on pense que la production phototrophe benthique est très réduite (Gerlach, 1978). Le milieu ne présente pas de caractères particuliers d'anoxie et la

production chémotrophe (33 g/m²/an) demeure peu élevée (Cahet et Mouneimne, 1976). Il est donc nécessaire d'envisager un apport extérieur. Cet enrichissement peut avoir diverses origines. Il est admis qu'il provient du lessivage terrigène (Ansell, 1974), de la remise en suspension de matériel autochtone (Hartwig, 1976), de la production pélagique primaire ou secondaire (Steele et Baird, 1972; Davies, 1975). Ces diverses sources peuvent se combiner et avoir des importances variables en fonction de la saison et des particularités locales (Hargrave et Taguchi, 1978).

Dans la perspective de nos recherches, il nous a paru indispensable d'essayer de préciser l'origine et l'importance des apports sestoniques au niveau des communautés.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Présentation du milieu

Les vases terrigènes côtières composent, entre 25 et 50 m, la majeure partie des fonds de la baie de Banyuls. La station de référence est située par 32,5 m de profondeur. Elle est intermédiaire entre les stations 19 et 27 (Guille et Soyer, 1968) caractéristiques du faciès à *Scoloplos armiger* pour la macrofaune (Guille, 1970) et de la sous-communauté à *Robertsonia knoxi* pour les Copépodes harpacticoïdes (Soyer, 1970). Les espèces dominantes de la Nématofaune sont *Metacyntholaimus effilatus*, *Sabatieria granulosa*, *S. proabyssalis*, *Dorylaimopsis mediterranea* et *Hypodontolaimus ponticus*.

La granulométrie du sédiment est fine : plus de 70% des particules mesurent moins de 40 μ (Got *et al.*, 1968). Ces vases seraient un prodelta fossile d'âge Flandrien (Monaco, 1971); elles s'intègrent dans les caractéristiques générales du prisme épicontinental de Méditerranée, décrites par Aloisi *et al.*, 1977.

L'influence générale est celle du courant du Rhône. Les conditions locales sont déterminées par les crues des petits fleuves côtiers dont la charge en particules est alors forte (Gadel, 1974) et par les coups de mer qui remanient les substrats meubles littoraux (Monaco, 1971).

2. Echantillonnage

La station se compose d'un mouillage signalé en surface par une bouée et au fond par une balise ultrasonore. Nous y prélevons chaque semaine des carottes destinées pour une part à l'étude des organismes (méiofaune, Bactéries...) et pour une autre part au dosage de la matière organique (Carbone, Azote). La température est mesurée en surface et près du fond.

Les collecteurs sestoniques sont des boîtes cylindriques en matière plastique, à double paroi, dont la

fermeture est assurée par un capuchon à vis. Ils ont une profondeur intérieure de 20 cm et une surface de 70,88 cm². Ces récipients lestés, sont posés ouverts, en plongée, dans des berceaux de part et d'autre d'un câble maintenu tendu par des bouées immergées. Leur fermeture et leur récupération s'effectuent en plongée. La première paire de collecteurs est située à 17 m de la surface, les deux suivantes, espacées de 5 m se trouvent par 22 et 27 m de profondeur. Les trois dernières paires sont séparées de 3 m, 1 m, et 0,5 m, soit à 1 m du sédiment pour les plus profondes. Dans une phase préliminaire de l'expérience nous avons posé une septième série de collecteurs à 50 cm du fond. Malheureusement, ils furent colonisés par des Céphalopodes et sont inexploitablement.

L'étude porte sur 235 jours d'un cycle annuel (juillet 1973 - mai 1974) répartis en 8 périodes. Les durées d'immersion sont comprises entre 14 jours (août) et 41 jours (septembre-octobre). Les aléas météorologiques expliquent ces séjours variables car un temps calme et une bonne visibilité sont nécessaires à la mise en place comme à la récupération des récipients.

La récolte du seston à l'aide de collecteurs n'est pas sans présenter des réserves d'ordre méthodologique (Kirchner, 1975). Leur forme est extrêmement variée (Johnson et Brinkhurst, 1971) depuis de simples cylindres analogues aux nôtres (Hartwig, 1976) jusqu'à des modèles dérivants sophistiqués (Staresinic *et al.*, 1977). Davies (1979), dans une étude comparative de différents types de pièges à seston, a mis en évidence que le modèle adopté est de ceux dont les résultats sont les plus fiables.

Certains chercheurs utilisent des fixateurs pour empêcher la croissance des organismes dans les collecteurs. Ce peut être du chloroforme (Hendikson, 1975; Smetacek *et al.*, 1976), du chlorure de Mercure (Hartwig, 1976), du formol (Knauer *et coll.*, 1979; Johnson et Brinkhurst, 1971). Ces derniers auteurs estiment éviter ainsi une perte d'énergie journalière de 5%.

Nous n'avons employé aucun agent inhibiteur. Les quantités de matériel organique récupérées sont vraisemblablement entachées d'une erreur, impossible à mesurer. Il est certain qu'une partie de la matière organique contenue dans les récipients est dégradée par les Bactéries et la faune colonisatrice. Mais, pendant le même temps une autre fraction est régénérée par production phototrophe ou chémotrophe. De plus, une croissance des microorganismes à partir du carbone dissout est toujours possible.

3. Traitement du matériel

Dès le retour au laboratoire, le matériel est conditionné en vue de sa conservation. Un des éléments de chaque paire de collecteurs est destiné aux observations biologiques et macroscopiques, l'autre aux mesures des paramètres physiochimiques.

Matériel biologique : le contenu des collecteurs est filtré sur un tamis de 40 μ de vide de maille et fixé au formol neutralisé à 4%.

Mesures physicochimiques : le contenu des collecteurs est versé dans un bécher puis placé dans une étuve à 60° jusqu'à complète dessiccation. Il est alors pesé et réparti selon les besoins des différentes analyses.

Granulométrie : nous séparons et pesons deux fractions selon que leur taille est inférieure ou supérieure à 40 μ .

Carbone organique : les teneurs sont obtenues après

décarbonatation à chaud (ébullition douce) par de l'acide orthophosphorique 1N dans une nacelle en aluminium (Cauwet, 1975). Le matériel carboné restant est transformé en CO₂ selon la technologie Leco puis dosé, après purification, par conductibilité thermique.

Azote organique : les teneurs sont obtenues par différence entre l'azote total « Kjeldall » et l'azote minéral. Le distillateur est un Buchi 230 qui permet de minéraliser l'azote et de l'entraîner à la vapeur dans un seul et même récipient. Le distillat est titré en retour par de la soude N/100 (Delille, 1977).

TABLEAU I

Variations annuelles du matériel récolté à 6 niveaux d'immersion (17 à 31, 5 m). Poids (g/m²/J) du matériel total, du C organique, de l'N organique. Rapport C/N, teneurs en C et N.

Annual variations of sedimented material at six different depths (17 to 31, 5 m). Weight (g/m²/J) of total catch, C and N. C/N ratio and C and N contents.

Date	17	22	27	30	31	31,5	17	22	27	30	31	31,5	17	22	27	30	31	31,5
Prof.	Matériel total (g/m ² /j)						Carbone organique (gC/m ² /j)						Azote organique (gN/m ² /j)					
07/01 → 04/02	24,4	25,7	27,8	32,3	57,8	62,4	1,02	0,68	0,55	0,42	0,69	0,77	0,22	0,14	0,12	0,07	0,12	0,13
12/02 → 11/03	32,2	39,8	44,9	64,2	77,2	82,5	0,60	0,75	0,69	0,85	1,00	0,99	0,12	0,14	0,13	0,13	0,21	0,16
19/03 → 23/04	11,0	30,6	51,1	71,3	74,8	61,8	0,42	0,59	0,88	0,96	1,05	0,36	0,09	0,11	0,16	0,14	0,20	0,07
26/04 → 22/05	14,8	21,4	26,8	28,8	30,9	10,4	0,32	0,34	0,36	0,42	0,42	0,09	0,07	0,06	0,07	0,06	0,05	0,01
08/07 → 09/08	7,5	7,5	16,9	13,0	22,6	39,2	0,07	0,05	0,17	0,14	0,19	0,39	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,05
13/08 → 27/08	1,7	11,6	11,2	12,1	23,8	39,9	0,02	0,12	0,13	0,12	0,24	0,35	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,06
30/08 → 10/10	14,0	15,9	20,2	24,0	33,0	56,1	0,14	0,10	0,21	0,27	0,28	0,54	0,03	0,02	0,04	0,04	0,05	0,08
15/11 → 18/12	50,7	63,9	78,7	73,9	114,7	72,2	0,58	0,59	0,83	0,72	1,10	0,64	0,11	0,11	0,13	0,09	0,14	0,10
\bar{m}	20,4	27,8	36,4	41,8	56,3	54,6	0,40	0,40	0,50	0,51	0,64	0,52	0,08	0,08	0,09	0,08	0,11	0,08
	C/N						Carbone organique (%)						Azote organique (‰)					
07/01 → 04/02	4,76	4,73	4,65	6,18	5,89	5,80	4,19	2,64	1,99	1,31	1,19	1,23	8,83	5,59	4,28	2,12	2,02	2,12
12/02 → 11/03	5,20	5,40	5,26	6,29	4,87	6,25	1,87	1,89	1,53	1,32	1,30	1,20	3,59	3,50	2,91	2,10	2,67	1,92
19/03 → 23/04	4,79	4,70	5,57	6,78	5,34	5,46	3,80	1,75	1,72	1,35	1,41	0,59	7,94	3,72	3,09	1,99	2,64	1,08
26/04 → 22/05	4,81	5,75	5,56	7,42	6,47	6,17	2,16	1,61	1,35	1,47	1,08	0,87	4,49	2,80	2,43	1,98	1,67	1,41
08/07 → 09/08	4,71	5,75	6,45	6,00	6,06	7,63	0,98	0,61	0,98	1,07	0,86	1,00	2,08	1,06	1,52	1,80	1,42	1,31
13/08 → 27/08	5,64	6,90	6,88	6,64	6,31	6,34	1,33	1,05	1,19	1,01	0,99	0,90	2,36	1,52	1,73	1,52	1,57	1,42
30/08 → 10/10	5,54	4,85	5,22	6,07	5,68	6,64	0,97	0,66	1,05	1,11	0,84	0,97	1,75	1,36	2,01	1,83	1,48	1,46
15/11 → 18/12	5,21	5,51	6,44	7,64	7,62	6,67	1,14	0,92	1,05	0,97	0,96	0,88	2,19	1,67	1,63	1,27	1,26	1,32
\bar{m}	4,96	5,23	5,55	6,69	6,00	6,32	1,97	1,45	1,36	1,21	1,14	0,96	3,97	2,77	2,45	1,81	1,90	1,52

RÉSULTATS

1. Matière totale (Tabl. I, Fig. 1A)

Le matériel récupéré est formé, pour sa plus grande partie, de débris de film qui agglutinent du matériel floculé non identifié. La matière inorganique avec plus de 95% est largement prépondérante. Plus de 75% de ces dépôts ont une granulométrie inférieure à 40 μ . Ce pourcentage est homogène quel que soit l'horizon et varie peu ou pas selon la saison. La fraction minérale (supérieure à 40 μ) est composée de lamelles micacées, de quartz fin, de calcite et d'oxydes en grains plus grossiers. On trouve aussi de nombreux spicules, de fines coquilles de Lamellibranches et peu de débris plus grossiers.

Les morceaux de macrophytes sont toujours de petite taille. Nous n'observons que très rarement des diato-

mées. Ce point pourrait s'expliquer par la petite taille des espèces phytoplanctoniques de Banyuls (Jacques, 1970) dont la frustule se dissoudrait rapidement. Le matériel contient aussi des structures de taille variée assimilables à des pelotes fécales, vraisemblablement de Copépodes.

Avec le matériel sédimenté nous récupérons une faune, essentiellement composée de Nématodes et de Copépodes Harpacticoïdes, parfois abondante mais jamais très diverse. Au plan quantitatif, la méiofaune est bien représentée dans les deux séries les plus profondes; son importance décroît fortement dans les niveaux les plus hauts.

Pour les Copépodes les espèces recueillies sont connues comme susceptibles d'effectuer des migrations verticales parfois importantes mais sont peu caractéristiques de la communauté sous-jacente (Soyer, comm. pers.).

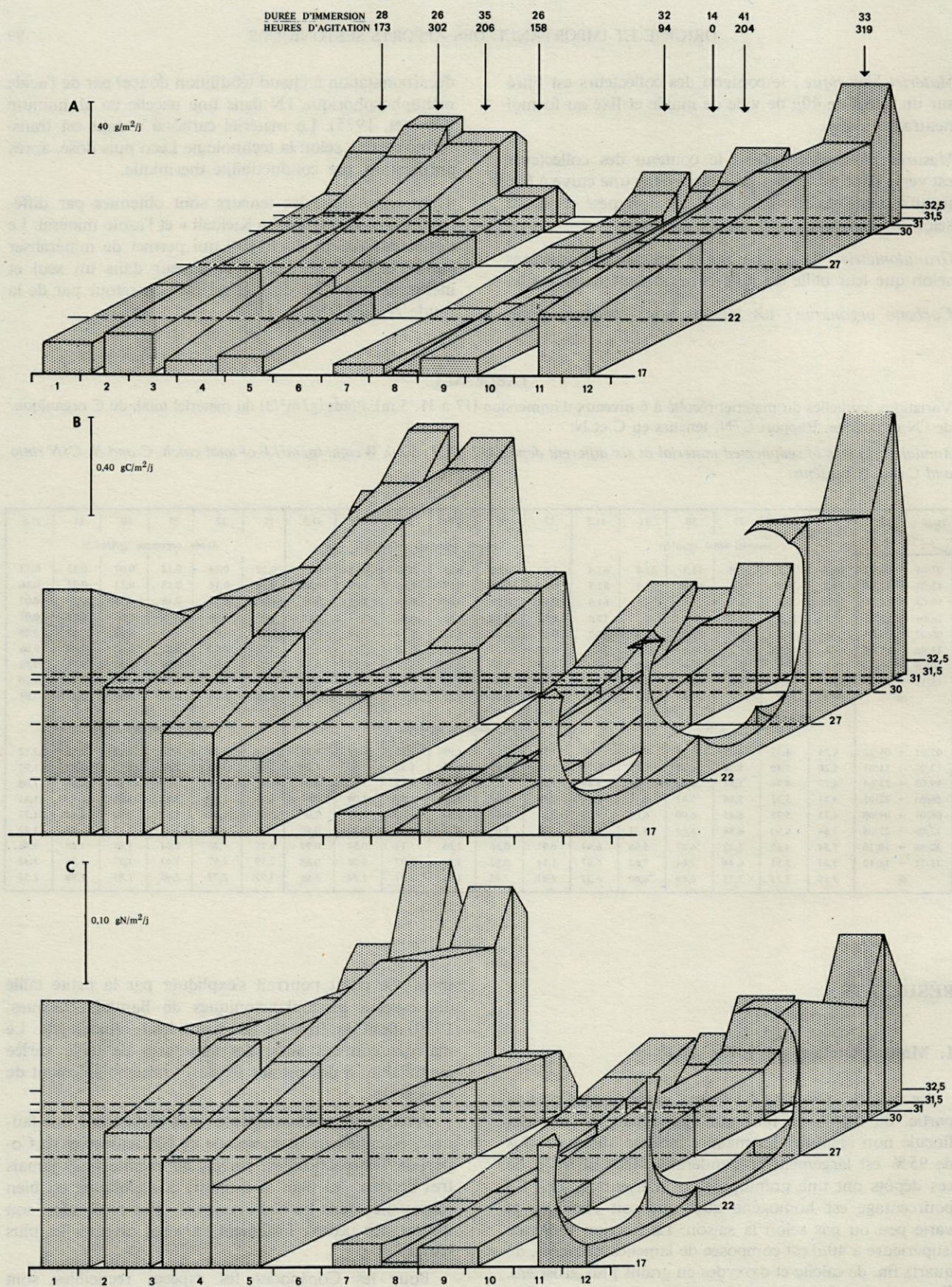


Fig. 1. - Variations annuelles du matériel récolté (g/m²/J) à 6 niveaux d'immersion (17 à 31,5 m). 1A : Matériel total, 1B : C organique, 1C : N organique. En regard de chaque bloc diagramme figure la durée d'immersion (jours) et le nombre d'heures d'agitations pendant la période correspondante.

Annual variations of sedimented material Variation (g/m²/J) at six different depths (17 to 31,5 m). 1A : total catch, 1B : C, 1C : N, with the number of days of experimentation and the number of hours of heavy sea.

Pour les Nématodes, les mieux représentés sur toute la colonne sont des petits Chromadoridae des genres *Spilophorella* et *Prochromadorella* et une petite espèce de *Theristus*. Ces espèces ne se rencontrent pas, ou très exceptionnellement, au sein de la Nématofaune des Vases Terrigènes. Des taxons plus caractéristiques de la communauté, nous distinguons dans les collecteurs situés au plus près du fond, quelques spécimens d'*Axonolaimus arcuatus*, d'*Hypodontolaimus ponticus* et de *Desmodora pontica*. Nous n'avons jamais déterminé de Comésomatidae pourtant dominants au sein du peuplement.

L'examen de la figure 1 montre une bonne indépendance entre la durée de récolte et le taux journalier de dépôt.

L'abondance du matériel (Fig. 2) croît régulièrement du niveau le plus superficiel, situé à 17 m de la surface (20,4 g/m²/j) jusqu'à 30 m de profondeur (41,8 g/m²/j) soit une différence de concentration de 1,65 mg/l entre ces deux niveaux. A 1,5 m du fond on observe une brusque augmentation des dépôts (56 g/m²/j) soit une différence de charge de 14,5 mg/l entre ces deux zones. Les collecteurs situés au plus près du fond ne montrent que peu de différence avec ceux immédiatement supérieurs (54,6 g/m²/j). En trois occasions, ils ont récupéré une quantité moindre.

Les dépôts se font selon un cycle annuel très marqué qui affecte tous les niveaux. Les plus faibles ont lieu en juillet et en août avec à -17 m un taux de 7,5 à 1,7 g/m²/j et de 13 à 12,1 g/m²/j à 30 m de profondeur. Pendant l'hiver ces quantités sont beaucoup plus importantes; elles dépassent le plus souvent 30 g/m²/j à 2,5 m au-dessus du fond.

2. Carbone organique (Tabl. I, Fig. 1B)

La quantité de carbone récupéré dans les collecteurs suit fidèlement l'évolution verticale et saisonnière de l'ensemble du matériel (r=0,82). Nous constatons (Fig. 2) un accroissement régulier depuis les niveaux superficiels (0,4 g C/m²/j) jusqu'à 30 m de fond (0,51 g C/m²/j) soit un gain de 8,5 mg de carbone par mètre d'enfoncement. Le niveau situé à 31 m est le plus riche (0,64 g C/m²/j) soit une augmentation entre ces deux zones de 130 mg/m. Les collecteurs localisés au plus près du sédiment montrent une légère perte en carbone (0,52 g C/m²/j).

Les valeurs les plus faibles sont obtenues pendant les mois d'été tant en surface (0,07 à 0,02 g C/m²/j) que près du fond. Les quantités les plus importantes (le plus souvent supérieures à 0,5 g C/m²/j) sont récupérées de novembre à mars.

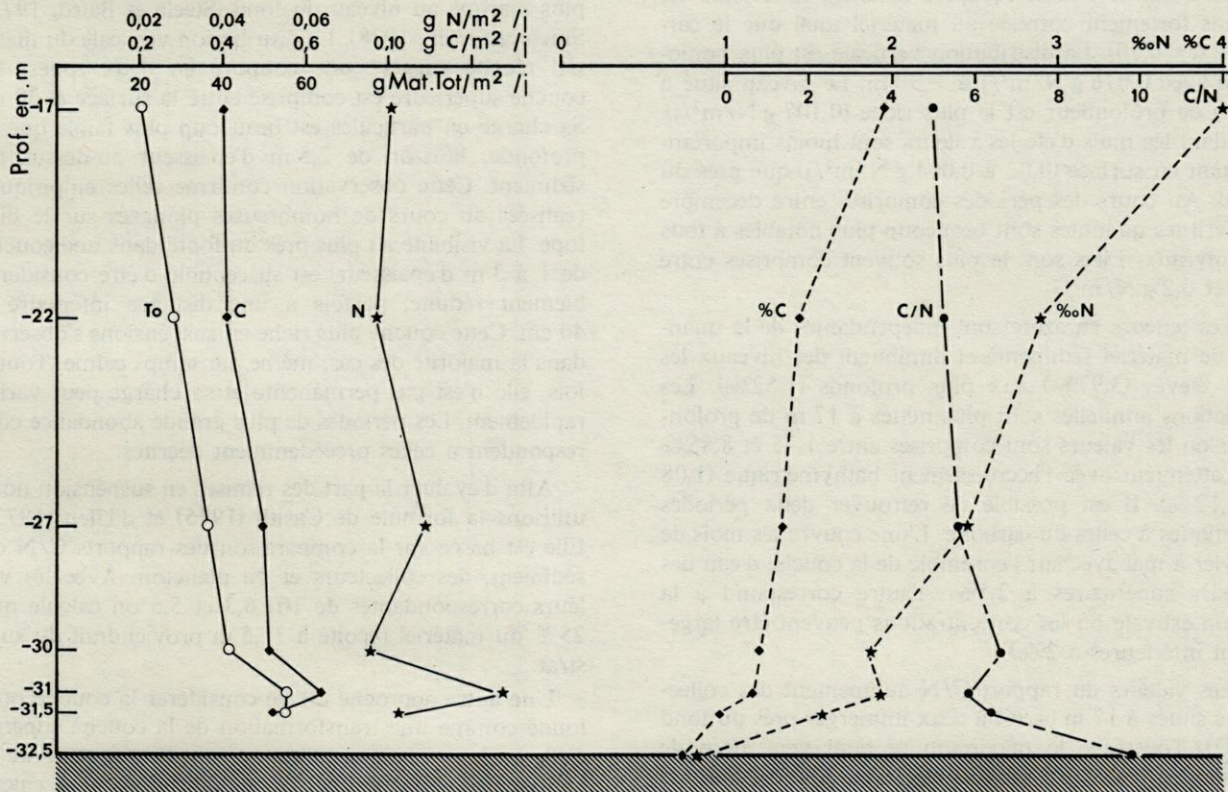


Fig. 2. - Evolution bathymétrique des quantités moyennes récupérées : Matière totale (To), Carbone organique (C), Azote Organique (N); des teneurs en Carbone organique (%C), en Azote Organique (%N) et du rapport C/N.

Vertical distribution of average quantities of particulate matter : total catch (To), organic Carbon (C), organic Nitrogen (N); contents of organic Carbon (%C), organic Nitrogen (%N) and C/N ratio.

Les pourcentages en carbone organique sont indépendants de la quantité de matériel sédimenté. Les teneurs diminuent des niveaux les plus élevés (1,97%) aux plus profonds (0,96%). Les variations annuelles sont plus nettes près de la surface, où les valeurs sont comprises entre 0,97 et 4,2% et tendent à s'estomper avec la profondeur (0,59 à 1,23%). On distingue 2 périodes : l'une pendant les mois de janvier à mai où sur l'ensemble de la couche d'eau les teneurs dépassent 1,3%. L'autre de juillet à décembre où elles sont voisines ou inférieures à 1%.

Le bilan annuel de carbone est, entre 30 et 31,5 m, proche de 210 g C/m²/an.

La production primaire est, en moyenne, de 120 g C/m²/an (Jacques, 1970) soit inférieure aux quantités déposées. Les valeurs les plus proches sont pendant la période estivale (de 0,26 à 0,29 g C/m²/j pour la production primaire et de 0,19 à 0,39 g C/m² dans les collecteurs). Durant l'hiver le bilan est le plus souvent déséquilibré (de 0,15 à 0,37 g C/m² produit pour 0,68 à 1,10 g C/m² déposé) sauf lors de pics de production très marqués (0,80 g C/m²/j élaboré pour 1,06 g C/m²/j récolté).

3. Azote organique et rapport C/N (Tabl. 1, Fig. 1C)

La quantité d'azote récupéré dans les collecteurs est moins fortement corrélée au matériel total que le carbone ($r = 0,70$). La distribution verticale est plus homogène avec 0,076 g N/m²/j à -30 m. Le niveau situé à 31 m de profondeur est le plus riche (0,107 g N/m²/j). Pendant les mois d'été les valeurs sont moins importantes tant en surface (0,02 à 0,004 g N/m²/j) que près du fond. Au cours des périodes comprises entre décembre et avril les quantités sont beaucoup plus notables à tous les niveaux. Elles sont le plus souvent comprises entre 0,1 et 0,2 g N/m²/j.

Les teneurs en azote sont indépendantes de la quantité de matériel sédimenté et diminuent des niveaux les plus élevés (3,97‰) aux plus profonds (1,52‰). Les variations annuelles sont plus nettes à 17 m de profondeur où les valeurs sont comprises entre 1,75 et 8,85‰ et s'atténuent avec l'accroissement bathymétrique (1,08 à 2,12‰). Il est possible de retrouver deux périodes identiques à celles du carbone. L'une couvre les mois de janvier à mai avec sur l'ensemble de la couche d'eau des teneurs supérieures à 2,5‰; l'autre correspond à la saison estivale où les concentrations peuvent être largement inférieures à 2‰.

Les valeurs du rapport C/N augmentent des collecteurs situés à 17 m (4,96) à ceux immergés près du fond (6,32). Toutefois, le maximum se tient vers 30 m de profondeur (6,7). Ce rapport est stable tout au long de l'année et il ne se dégage pas de variations importantes.

Comparées aux données d'autres chercheurs les quantités de matériel piégées sont fortes. Elles sont le plus souvent voisines de 1,5 à 10 g/m²/j dans la zone littorale et sublittorale (Webster et coll., 1975; Davies,

1975) mais peuvent dépasser dans des biotopes fortement remaniés 200 g/m²/j (Young, 1971). Plus profondément le matériel sédimenté représente environ le dixième des zones côtières (Rowe et coll., 1979; Hinga et coll., 1979).

Les apports en carbone (210 g C/m²/an près du fond) sont proches ou supérieurs à ceux observés en mer ouverte : 40 g C/m²/an en Baltique (Zeitschell, 1965); 75,7 g C/m²/an à St. Margarer Bay (Hargrave, 1978); 225 g C/m²/an à Vancouver (Stephens et coll., 1967)... Ils avoisinent ou sont inférieurs à ceux mesurés dans les lochs : 82,4 à 247,2 g C/m²/an (Ansell, 1974) ou sur des fonds remaniables : 1 200 g C/m²/an à La Jolla (Hartwig, 1976).

Un des traits fondamentaux est la similitude, tout au long de l'année, des profils verticaux. Les variations quantitatives sont certes importantes mais, comme nous l'avons souligné, affectent l'ensemble de la colonne. Cette observation de périodicité ne paraît pas être un fait général. Ainsi, par exemple, Steele et Baird (1972) ne mettent pas en évidence de cycle net dans des lochs écossais tandis que Hargrave et Taguchi (1978) dans la baie de Bedford ou Hartwig (1976) à La Jolla montrent des évolutions bien marquées.

Les auteurs s'accordent à reconnaître une augmentation régulière du matériel collecté depuis la surface vers les niveaux les plus profonds avec un accroissement plus marqué au niveau du fond (Steele et Baird, 1972; Smetacek *et al.*, 1978). La distribution verticale du matériel récolté suggère une coupure en deux zones. La couche supérieure est comprise entre la surface et 30 m. Sa charge en particules est beaucoup plus faible que la profonde, horizon de 2,5 m d'épaisseur au-dessus du sédiment. Cette observation confirme celles empiriques réalisées au cours de nombreuses plongées sur le biotope. La visibilité au plus près du fond (dans une couche de 1 à 3 m d'épaisseur) est susceptible d'être considérablement réduite, parfois à une distance inférieure à 40 cm. Cette couche plus riche en suspensions s'observe, dans la majorité des cas, même par temps calme. Toutefois, elle n'est pas permanente et sa charge peut varier rapidement. Les périodes de plus grande abondance correspondent à celles précédemment décrites.

Afin d'évaluer la part des remises en suspension nous utilisons la formule de Casith (1975) et d'Ulen (1977). Elle est basée sur la comparaison des rapports C/N du sédiment, des collecteurs et du plancton. Avec les valeurs correspondantes de 10; 6,3 et 5,5 on calcule que 25% du matériel récolté à 31,5 m proviendrait du substrat.

Une autre approche est de considérer la couche profonde comme une transformation de la couche superficielle où les variations en seston sont liées à celles de la bathymétrie. Pour estimer ces modifications nous calculons, pour l'horizon supérieur, l'équation de régression entre la matière totale et la bathymétrie ($r = 0,99$). Ensuite, nous comparons les valeurs observées dans les collecteurs, à 31 et 31,5 m, à celles estimées à partir de l'équation pour ces mêmes immersions. Les données de

la zone profonde montrent un enrichissement en matériel total de 24 et 20%. Les deux méthodes, appliquées sur des fractions différentes, nous fournissent des résultats convergents. Il est donc légitime d'admettre que le recyclage *in situ* doit représenter de 20 à 25% du matériel récolté près du fond.

Nous avons porté sur la figure 1, en regard des taux de sédimentation journaliers, le nombre d'heures où la mer est agitée ou forte pendant la période d'échantillonnage. On constate que c'est après de longues périodes de fort hydrodynamisme que l'on récolte le plus de suspensions. Toutefois des quantités différentes de seston sont récupérées pour des agitations similaires. Pendant les périodes C et G, où il y a eu respectivement 206 et 204 heures de forte houle, les taux de sédimentation sont très convergents. Si l'on emploie l'immersion 30 m comme niveau de référence il est de 71,3 g/m²/j pendant C soit 3 fois celui de G (24 g/m²/j). Les courants sur ces fonds sont très variables tant en direction qu'en force : de 3,5 à 27,4 cm/s (Saint-Guily, comm. pers.). Il est donc possible que des conditions rhéologiques différentes expliquent ces anomalies.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Sur les fonds de vase de Banyuls-sur-Mer (32,5 m) la distribution verticale du seston suit un cycle annuel marqué. On observe près du fond et quelle que soit la saison une couche plus dense en particules de 2 mètres d'épaisseur.

La quantité du matériel récolté est considérable (55 g/m²/j). La fraction minérale en compose plus de 95%.

La production pélagique, 120 g C/m²/an, explique environ la moitié du bilan annuel du carbone sédimenté (210 g C/m²/an). Un apport complémentaire est donc nécessaire pour combler la différence.

Les deux hypothèses les plus évidentes sont d'envisager un recyclage des sédiments locaux et un enrichissement provenant des remaniements littoraux.

A partir de deux méthodes différentes nous avons pu estimer de 20 à 25% la part du fond sur la constitution de la couche profonde. Ce phénomène a sans doute plusieurs origines dont l'importance exacte est difficile à cerner. En raison de la profondeur (32,5 m) il est vraisemblable que la houle seule a une part réduite. Mais, sa combinaison avec des courants parfois forts (27,4 cm/s) peut faciliter la remise en suspension des particules. Les organismes fouisseurs de la macrofaune ne sauraient avoir le rôle décrit dans d'autres régions (Rhoads, 1963; Risk et Moffat, 1977) car les densités observées 626 ind./m² sont faibles (Guille et Soyer, 1974). Mais, leur action conjointe à celle de la turbulence n'est vraisemblablement pas à négliger.

Les périodes à hydrodynamisme fort intéressent particulièrement la zone littorale. Dans nos échantillons la

fraction inorganique est prépondérante (plus de 95%). Les rapports C/N, compris entre 4,7 et 7,6 sont toujours bas et ne permettent jamais de mettre en évidence une influence continentale nette. Toutefois, on sait que la transformation de la matière organique est rapide de la côte vers le large; il est possible qu'elle masque donc les apports terrigènes. De plus, le matériel évolue au sein du sédiment et il faut envisager qu'une fraction de matière organique déjà remaniée est remise en suspension. Sa distribution serait soumise à une rhéologie variable tant en force qu'en direction. Prouse et Hargrave (1977) ont émis une hypothèse similaire et montrent, qu'avant de sédimenter, le matériel particulaire produit près de la surface et dans la zone littorale, effectue des déplacements horizontaux considérables.

Ce transfert latéral pourrait expliquer la présence dans les collecteurs d'une faune différente de celles des communautés sous-jacentes.

Si nous combinons les diverses observations on peut admettre que ces apports constituent au minimum 20 à 25% du carbone recueilli. Ce pourcentage, comme Webster et coll. (1975) le suggèrent, doit être nettement supérieur si l'on considère la seule fraction minérale.

Il est clair que ces importances respectives représentent une somme et sont, dans le détail, susceptibles de varier en fonction des conditions saisonnières.

Il faut envisager que, déduction faite du recyclage local, la totalité du matériel récolté dans la couche profonde ne séjourne pas *in situ*. Les taux de sédimentation observés correspondraient à un dépôt proche de 1,5 cm/an. Or, les divers supports immergés sur ces fonds ne montrent pas un tel envasement et des valeurs aussi fortes ne se rencontrent que devant le débouché de fleuves (Got et Pauc, 1970). Il est vraisemblable que les courants opèrent la répartition du matériel en suspension, peut-être en relation avec le phénomène général de la formation de la couche néphéloïde tel qu'il est décrit par Aloisi et coll. (1979).

Les besoins carbonés des peuplements, estimés à partir de leur métabolisme respiratoire, sont proches de 100 g C/m²/an soit environ la moitié des apports. On peut penser que la majeure partie de la différence est en transit au-dessus des fonds étudiés et servirait à alimenter les parties plus profondes du plateau continental.

Cette couche aurait donc un rôle de distributeur d'énergie. Les quantités élevées de matière organique pourraient être une des causes de l'abondance de la méiofaune au sein des vases terrigènes côtières : 4950 ind. : 10 m² (de Bovée et Soyer, 1974).

BIBLIOGRAPHIE

- ALOISI, J.C., G.A. AUFFRET, J.P. AUFFRET, J.P. BARUSSEAU, P. LARSONNEUR et A. MONACO, 1977. Essais de modélisation de la sédimentation actuelle sur les plateaux continentaux français. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 19 (2) : 183-195.

- ALOISI, J.C., C. MILLOT, A. MONACO et H. PAUC, 1979. Géologie marine. Dynamique des suspensions et mécanismes sédimentologiques sur le Plateau continental du Golfe du Lion. (Sous presse).
- ANSELL, A.D., 1974. Sedimentation of organic detritus in lochs Etive and Greran, Argyll, Scotland. *Mar. Biol. N.Y.*, **27** : 263-273.
- DE BOVÉE, F. et J. SOYER, 1974. Cycle annuel quantitatif du méiobenthos des vases terrigènes côtières. Distribution verticale. *Vie Milieu*, **24** (1B) : 141-157.
- CAHET, G. et N. MOUNEIMNE, 1976. Production carbonée microbenthique en sédiments margino-littoraux (Golfe du Lion). *Ann. Inst. océanogr., Paris*, **52** (2) : 189-203.
- CAUWET, G., 1975. Optimisation d'une technique de dosage organique des sédiments. *Chem. Geol.*, **16** : 50-63.
- DAVIES, J.M., 1975. Energy flow through the benthos in a Scottish Sea loch. *Mar. Biol. N.Y.*, **31** : 353-362.
- DAVIES, J.M., 1979. Influence of sedimentation processes in biodegradation on the sea floor. Colloque International C.N.R.S., Biogéochimie de la matière organique à l'interface eau-sédiment. Marseille, 25-27 avril 1979.
- DELILLE, D., 1977. Contribution à l'étude du rôle des populations bactériennes dans les principaux cycles biologiques (C.N.S.P.) établis en milieu sédimentaire subantarctique. *Thèse doct. Sci. Nat., Université Claude Bernard, Lyon*, pp. 286.
- GADEL, F., 1974. La matière organique et la sédimentation récente dans le Golfe du Lion : distribution, nature, évolution. *Thèse Sci. nat. Fac. Sci., Paris*, p. 263.
- GASITH, A., 1975. Tripton sedimentation in eutrophic lakes. Simple correction for the resuspended matter. *Verein. theor. angew. Limnol.*, **19** : 116-122.
- GERLACH, S.A., 1978. Food chains Relationships in subtidal silty Sand Marine Sediments and the role of Meiofauna in Stimulating bacterial Productivity. *Oecologia (Berl.)*, **33** : 55-69.
- GOT, H. A. MONACO et J. SOYER, 1968. Carte sédimentologique du plateau continental au large de la côte catalane française. *Vie Milieu*, **19** (2B) : 273-290.
- GOT, H. et H. PAUC, 1970. Etude de l'évolution récente de l'embouchure du Grand Rhône pour l'utilisation des rejets du Centre Nucléaire de Marcoule. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **271** : 1956-1959.
- GUILLE, A., 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. II. Les communautés de la macrofaune. *Vie Milieu*, **21** (1 B) : 149-280.
- GUILLE, A. et J. SOYER, 1968. La faune benthique des substrats meubles de Banyuls-sur-Mer. Premières données qualitatives et quantitatives. *Vie Milieu*, **19** (2 B) : 323-359.
- GUILLE, A. et J. SOYER, 1974. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. 8. Macrofaune et méiofaune, rapports quantitatifs et biocénotiques. *Vie Milieu*, **24** (2 B) : 301-320.
- HARGRAVE, B.T., 1978. Seasonal changes in Oxygen uptake by settled Particulate Matter and Sediments in a Marine Bay. *J. Fish. Res. Board Can.*, **35** (12) : 1621-1628.
- HARGRAVE, B.T. et S. TAGUCHI, 1978. Origin of deposited material sedimented in a Marine Bay. *J. Fish. Res. Board Can.*, **35** (12) : 1604-1613.
- HARTWIG, E.O., 1976. Nutrient cycling between the water column and a marine sediment. I. Organic carbon. *Mar. Biol.*, **34** : 285-295.
- HENDRIKSON, P., 1975. Auf und Abbauprozene Partikularer organischer Substanz Anhand von Seston und Sinkstossanalysen. *Dissert. Univ. Kiel*, p. 160.
- HINGA, K.R., J.Mc N. SIEBURTH et G.R. HEATH, 1979. The supply and use organic material at the deep sea floor. *J. Mar. Res.*, **37** (3) : 557-579.
- JACQUES, G., 1970. Aspects quantitatifs du phytoplancton de Banyuls-sur-Mer (Golfe du Lion). IV. Biomasse et Production, 1965-1969. *Vie Milieu*, **21** (1 B) : 37-102.
- JOHNSON, M.G. et R.O. BRINKHURST, 1971. Benthic Community Metabolism in Bay of Quito and Lake Ontario. *J. Fish. Res. Board Can.*, **28** (11) : 1719-1725.
- KIRCHNER, W.B., 1975. An evaluation of sedimentation trap methodology. *Limnol. Oceanogr.*, **20** : 657-660.
- KNAUER, G.A., J.H. MARTIN et K.W. BROLAND, 1979. Fluxes of particulate carbon, nitrogen and phosphorus, in the upper water column of the Northeast Pacific. *Deep Sea Res.*, **26** (1 A) : 97-108.
- MONACO, A., 1971. Contribution à l'étude géologique et sédimentologique du plateau continental du Roussillon (Golfe du Lion). *Thèse Sci. nat. Université Montpellier*, p. 295.
- PROUSE, N.J. et B.T. HARGRAVE, 1977. Chlorophylle, Carbon and Nitrogen in Suspended Matter and Sedimented Particulate Matter in St. Georges Bay, Nova Scotia. *Fish. Mar. Serv. Techn. rep.*, **721** : 1-75.
- RHODAS, D.C., 1963. Rates of sediment reworking by *Yoldia limulata* in Buzzards Bay, Massachusetts, and Long Island Sound. *J. Sedim. Petrol.*, **33** : 723-727.
- RISK, M.J. et J.S. MOFFAT, 1977. Sedimentological significance of fecal pellets of *Macoma baltica* in the Minas Basin, Bay of Fundy. *J. Sediment Petrol.*, **47** (4) : 1425-1436.
- ROWE, G.T. et W.D. GARDNER, 1979. Sedimentological rates in the slope water of the northwest Atlantic Ocean measured directly with sediment traps. *J. Mars. Res.*, **37** (3) : 581-600.
- SMETACEK, V., K. von BROCKEL, B. ZENTSCHER et W. ZENK, 1978. Sedimentation of particulate matter during a phytoplankton spring bloom in relation to hydrographical regime. *Mar. Biol. N.Y.*, **47** (3) : 211-226.
- SOYER, J., 1970. Biomasse benthique du plateau continental de la côte catalane française. III. Les peuplements des Copépodes Harpacticoïdes (Crustacea). *Vie Milieu*, **21** (3 B) : 337-511.
- STARESINIC, N., G.T. ROWE, D. SHAUGHNESSEY et A.J. WILLIAMS, 1977. Measurement of the vertical flux of particulate matter with a free drifting sediment trap. *Limnol. Oceanogr.*, **23** : 559-563.
- STEELE, J.H. et J.E. BAIRD, 1972. Sedimentological of organic Matter in a Scottish sea loch. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, **29** suppl. : 73-88.
- STEPHENS, K., R.W. SHELDON et T.R. PARSONS, 1967. Seasonal variations in the availability of food for Benthos in a coastal environment. *Ecology*, **48** : 852-855.
- ULEN, B., 1977. Seston and sediment in Lake Norrviken. I. Seston composition and sedimentation. *Scripta Limnologica Upsaliensia*, **446** : 1-21.
- WEBSTER, T.S., M.A. PARANJAPPE et K.M. MANN, 1975. Sedimentation of organic matter in St. Margaret's Bay, Nova Scotia. *J. Fish. Res. Board Can.*, **32** (8) : 1399-1407.
- YOUNG, D.K., 1971. Eggcasts of infauna on the sediment and seston of a subtidal environment. *Vie Milieu*, suppl. **22** : 557-571.
- ZEITSCHHELL, B., 1965. Zur Sedimentation von Seston, eine Produktions biologische Untersuchung von Sinkstoffen und Sedimenten der Westlichen und mittleren Ostsee. *Kieler Meeresforsch.*, **21** : 55-80.

tableau de 43 lignes (stations) et de 12 colonnes (moyennes mensuelles). Ce tableau est difficile à analyser en raison de sa taille, et des relations qui existent entre les différentes variables (Tabl. II).

D'autre part, on peut penser que le phénomène « précipitation » par son étalement dans le temps (à travers les 12 mois de l'année) et dans l'espace (à travers les 43 stations étudiées) présente des caractéristiques plus simples que ne le laisse supposer l'ensemble des données. Enfin, on souhaiterait représenter d'une façon simple, la proximité entre les différentes stations, soit sur un système de coordonnées dans un espace à deux dimensions, soit sur une carte géographique.

Ce sont ces caractéristiques que l'on tentera de dégager à l'aide de l'Analyse en Composantes Principales. Nous n'aborderons pas ici les problèmes théoriques liés à cette méthode, renvoyant pour cela à des auteurs tels Cooley et Lohnes (1971), Torrens-Ibern (1972) ou Lebart *et al.* (1977); nous nous contenterons d'un exposé simple et essentiellement pratique.

Partant d'un ensemble de variables (moyennes des précipitations) nous voulons rechercher de nouvelles variables ou « facteurs », qui résument les données initiales et qui mettent en évidence une structure plus simple de celles-ci. La première étape consiste à calculer la matrice des corrélations entre les différentes variables initiales. On recherche ensuite les valeurs propres de cette matrice et les vecteurs propres qui leur sont associés. Ces vecteurs propres définissent les directions spatiales selon lesquelles les variances des nouvelles variables sont maximales.

Dans la procédure de calcul, apparaissent un certain nombre de résultats que nous commenterons.

RÉSULTATS

1. Matrice des corrélations des variables (Tabl. II)

A partir des données initiales, on calcule soit la matrice des variances, soit la matrice des corrélations (matrice des variances des données standardisées). Ce deuxième mode opératoire qui a été retenu ici, présente l'avantage de donner à chacune des variables un rôle identique indépendamment de leurs variances initiales : nous évitons ainsi que des variables à variance élevée ne perturbent l'analyse : c'est le cas des précipitations d'octobre qui ont une variance de 1972.9, opposées aux précipitations de janvier dont la variance est de 93.6. L'utilisation des données standardisées donne une variance égale à l'unité.

Nous ne chercherons pas à donner une quelconque signification statistique (pour $p < 0.05$, $r = 0.304$), le but que nous poursuivons ici étant essentiellement descriptif et non inférentiel. Remarquons toutefois la place particulière du mois de janvier non corrélé avec les autres mois de l'année.

TABLEAU II

Matrice des corrélations des différentes variables (moyennes mensuelles pluviométriques).

Matrix of intercorrelations of the different variates (average monthly rainfall).

Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
1	-0.09	-0.01	0.23	0.02	0.14	0.12	0.08	-0.19	-0.22	-0.08	0.22
	1	0.68	0.07	0.13	-0.08	-0.10	0.06	0.60	0.72	0.65	0.59
		1	0.58	0.64	0.47	0.44	0.56	0.80	0.51	0.77	0.48
			1	0.91	0.90	0.88	0.85	0.67	-0.13	0.46	0.27
				1	0.94	0.92	0.93	0.72	-0.10	0.54	0.14
					1	0.97	0.95	0.53	-0.32	0.35	-0.01
						1	0.91	0.53	-0.34	0.34	-0.01
							1	0.61	-0.16	0.40	-0.01
								1	0.49	0.75	0.41
									1	0.46	0.43
										1	0.68
											1

2. Valeurs propres

On peut évidemment extraire autant de valeurs propres que de variables initiales, mais cette façon de procéder est évidemment dépourvue d'intérêt pratique, car elle ne conduirait pas à une simplification du phénomène étudié, ce qui est un de nos principaux buts.

Le tableau III donne les quatre premières valeurs propres; seules les valeurs supérieures à l'unité seront retenues pour caractériser le problème, car ce sont en général les seules significatives (Tomassonne, 1967; Torrens Ibern, 1972).

TABLEAU III

Valeurs propres de la matrice de corrélation des variables initiales.

Eigenvalues of the matrix of intercorrelations.

Valeurs propres	VAL 1	VAL 2	VAL 3	VAL 4
	6.124	3.311	1.125	0.509

Le pourcentage de variance expliqué par chacune de ces valeurs propres, de même que le pourcentage cumulé expliqué, est consigné dans le tableau IV pour les trois premières valeurs retenues.

TABLEAU IV

Pourcentage de variance expliqué par chacune des valeurs propres.

Percentage of variance accounted for by each eigenvalue.

Valeurs propres	1	2	3
% de variance	51.02	27.59	10.20
% cumulé	51.02	78.61	88.81

On constate que les trois premières valeurs propres expliquent près de 89% de la variance totale. En passant donc de l'espace initial à 12 dimensions, à un espace à trois dimensions, on ne perd que 11% de l'information.

3. Les axes factoriels

Leur interprétation se fait à partir de la matrice des corrélations variables-facteurs (Tabl. V). En général, on ne retient que les corrélations supérieures à 0.40 en valeur absolue (Racine et Reymond, 1973).

TABLEAU V

Corrélations variables facteurs.

Component loadings.

	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3
P. Janv.	0.061	-0.217	0.913
P. Fév.	0.378	0.827	0.019
P. Mars	0.812	0.443	-0.019
P. Avril	0.904	-0.282	0.155
P. Mai	0.947	-0.206	-0.090
P. Juin	0.856	-0.501	-0.017
P. Juil.	0.837	-0.509	-0.032
P. Août	0.879	-0.375	-0.099
P. Sept.	0.852	0.361	-0.212
P. Oct.	0.127	0.880	-0.151
P. Nov.	0.722	0.532	0.047
P. Déc.	0.365	0.629	0.527

Nous nous limiterons à l'interprétation des axes 1 et 2 qui expliquent près de 80% de la variance totale (Tabl. IV).

Ces deux axes permettent de définir un plan, sur lequel nous avons reporté les 43 stations étudiées. Chaque station, identifiable par son numéro (Tabl. I), est projetée sur le plan en un point dont les coordonnées, que l'on peut appeler « scores », sont des combinaisons linéaires des variables initiales (Fig. 2 A).

Nous avons également porté sur cette même figure 2 A la direction des vecteurs correspondant aux variables initiales (seuls 5 vecteurs ont été retenus pour ne pas surcharger cette représentation). Cette façon de procéder n'a pour but, qu'une aide à l'interprétation, puisque en Analyse en Composantes Principales, les points variables et les points stations ne font pas partie d'un même ensemble, dans un même espace.

La lecture de la figure 2 sera facilitée en tenant compte des points suivants :

- seules les stations les mieux représentées, situées loin du centre de gravité, seront analysées;
- la proximité entre deux stations s'interprétera en terme de similitude par rapport aux variables initiales;

- la proximité entre variables s'interprétera comme une corrélation entre ces variables;
- la proximité entre un axe factoriel et la direction d'un vecteur variable donnera une idée de la corrélation entre ce facteur et cette variable;
- enfin, une station située dans la direction d'un vecteur variable est une station pour laquelle cette variable joue un rôle prépondérant.

On notera que ces différents résultats peuvent être lus directement à partir des différents tableaux fournis par l'Analyse en Composantes Principales (corrélations variables - facteurs...). Cependant, leur représentation graphique offre l'avantage d'une lecture conjointe.

4. Interprétation des axes factoriels (Fig. 2 A, 2 B)

a) L'axe 1.

Il est fortement corrélé avec les précipitations tombées entre le mois de mars et le mois de septembre, et également avec les précipitations tombées au mois de novembre.

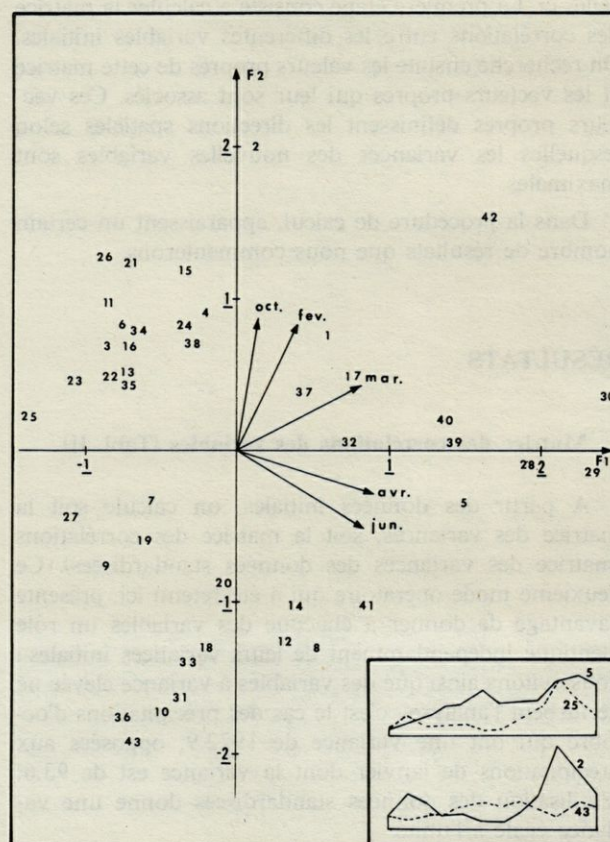


Fig. 2. - A) représentation de la projection des stations et des variables pluviométriques sur le plan factoriel (1, 2); B) diagrammes pluviométriques des stations opposées sur le plan factoriel (1, 2).

A) plot of the stations, components 1 and 2; B rainfall diagrams of some stations.

De façon générale, nous dirons que l'axe 1 est un facteur opposant les stations caractérisées par l'importance des précipitations au printemps, en été et en automne. Ainsi, nous trouvons les stations 28 (Prats de Mollo), 29 (La Preste), 42 (Velmanya) opposées aux stations 9 (Fuilla), 22 (Perpignan Llabanère) et 27 (Prades).

Une visualisation de cette opposition est donnée dans la figure 2 B, à partir des diagrammes ombriques des stations 5 (Corsavy) et 25 (Port-Vendres) prises ici comme exemple.

b) L'axe 2.

Il est fortement corrélé avec les précipitations des mois d'octobre, décembre et février. Il oppose des stations à fortes (station 2 : Banyuls) et faibles (station 43 : Villeneuve des Escaldes) précipitations pour ces trois mois de l'année.

La figure 2 B présente également l'opposition des diagrammes ombriques obtenus pour ces deux mêmes stations.

c) L'axe 3.

Nous ne l'avons pas représenté dans cette étude; mais le tableau des corrélations variables - facteurs

(Tabl. V) montre qu'il est fortement corrélé avec les précipitations du mois de janvier. Il se dégage de cet axe, les stations à très forte pluviométrie (stations 2 et 38) et des stations à très faible pluviométrie (stations 5, 13 ou 25) pour ce mois.

5. Essai de représentation cartographique

La représentation des stations par rapport aux axes factoriels 1 et 2, nous a permis de procéder à une première interprétation de l'analyse : regroupement des stations selon un gradient pluviométrique saisonnier. Cependant un phénomène climatique ne peut être isolé dans l'espace. Il est donc intéressant de voir comment se distribuent les stations dans l'espace géographique, en fonction de leurs scores selon les axes 1 et 2.

Cette cartographie des scores a souvent été utilisée, notamment dans certains domaines géographiques (Weaver, 1954; Garcia Ramon, 1976). Elle suppose que les scores soient standardisés, et qu'ils oscillent alors entre des valeurs comprises dans l'intervalle $-3, +3$. Cette étendue peut être découpée en classes comme il a été fait ici. Cette façon d'analyser laisse évidemment une part à la subjectivité, et est donc contestable en elle-

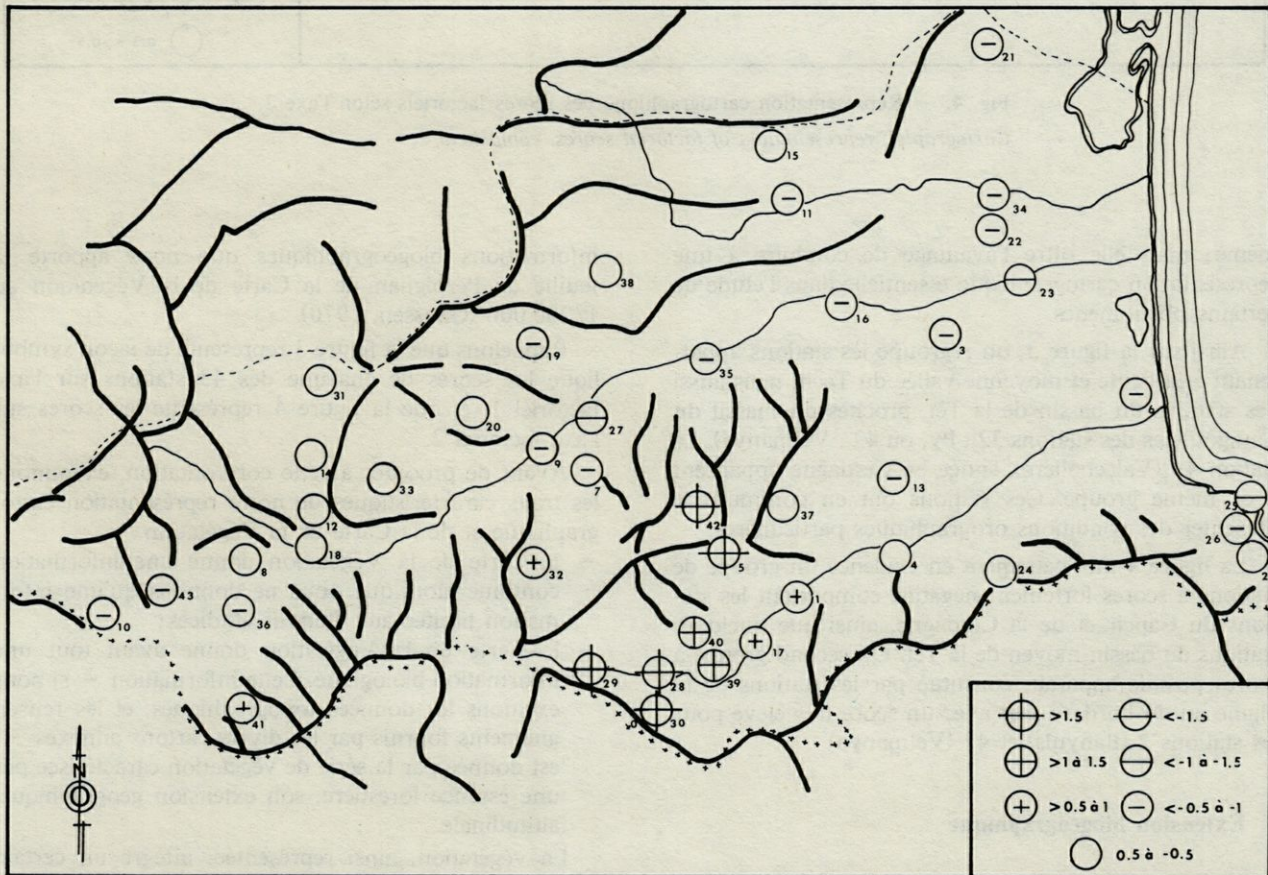


Fig. 3. - Représentation cartographique des scores factoriels selon l'axe 1.
Cartographic representation of factorial scores, component 1.

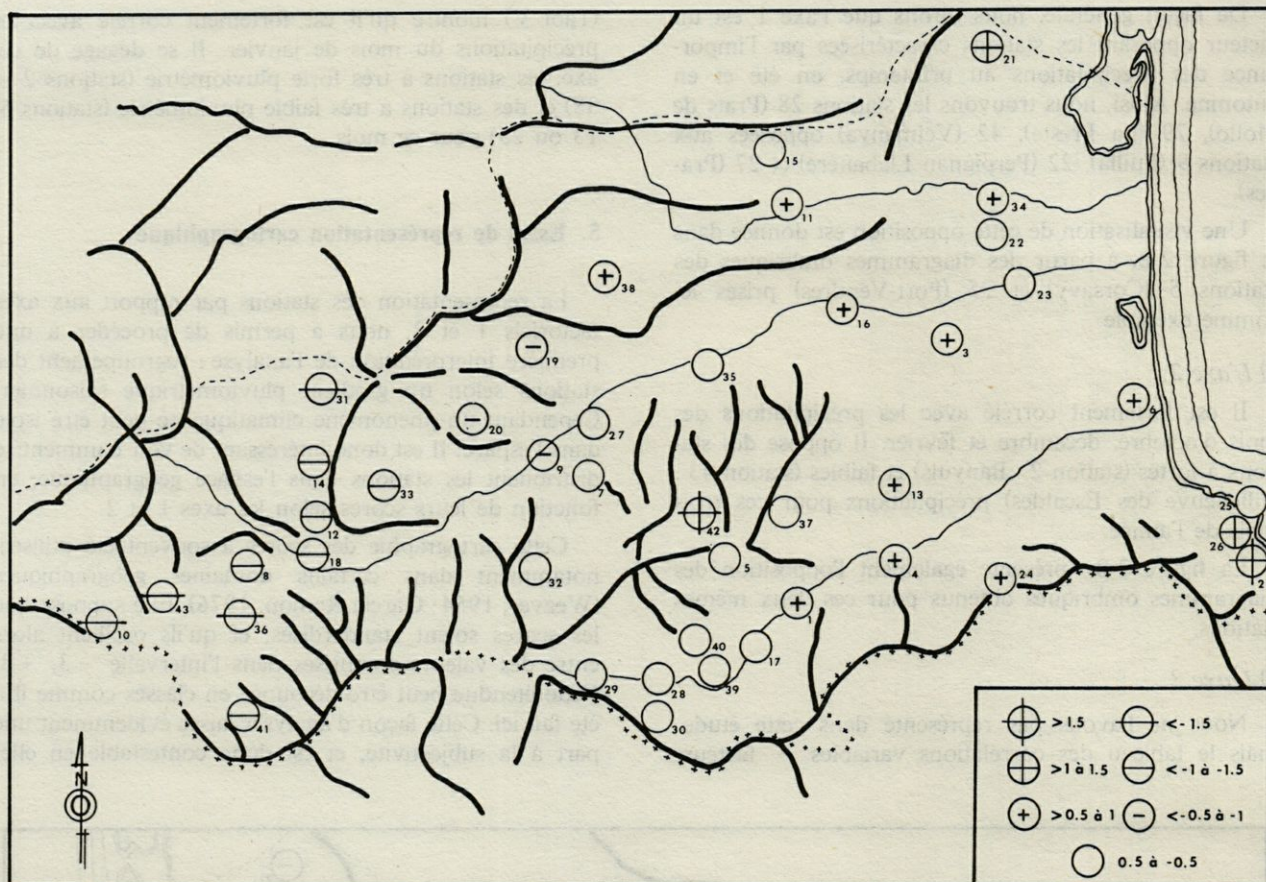


Fig. 4. — Représentation cartographique des scores factoriels selon l'axe 2.
Cartographic representation of factorial scores, component 2.

même; mais elle offre l'avantage de conduire à une représentation cartographique essentielle dans l'étude de certains phénomènes.

Ainsi sur la figure 3, on regroupe les stations appartenant à la haute et moyenne vallée du Tech, mais aussi des stations du bassin de la Têt, proches du massif du Canigou (cas des stations 32 : Py, ou 42 : Velmanya). La station 41 (Valcebollere), située en Cerdagne appartient à ce même groupe. Ces stations ont en commun de présenter des conditions orographiques particulières.

La figure 4 met nettement en évidence un groupe de stations à scores fortement négatifs, comportant les stations du Capcir et de la Cerdagne, ainsi que quelques stations du bassin moyen de la Têt. Un second groupe à scores positifs apparaît, constitué par les stations de la plaine ou du bord de mer avec un score très élevé pour les stations 2 (Banyuls) et 42 (Velmanya).

6. Extension biogéographique

Bien que notre étude soit partielle puisqu'elle n'envisage que la moyenne des précipitations mensuelles, il est intéressant de comparer les figures 3 et 4 avec les

informations biogéographiques que nous apporte la feuille de Perpignan de la Carte de la Végétation au 1/200 000 (Gausson, 1970).

Rappelons que la figure 3 représente de façon symbolique les scores de chacune des 43 stations sur l'axe factoriel 1, et que la figure 4 représente les scores sur l'axe factoriel 2.

Avant de procéder à cette confrontation, examinons les traits caractéristiques de notre représentation cartographique et de la Carte de la Végétation :

- la Carte de la Végétation donne une information continue alors que nous ne donnons qu'une information limitée aux stations étudiées;
- la Carte de la Végétation donne avant tout une information biologique. Cette information - si nous excluons les données topographiques, et les renseignements fournis par les divers cartons annexes -, est donnée par la série de végétation caractérisée par une essence forestière, son extension géographique, altitudinale.

La végétation, ainsi représentée, intègre un certain nombre de facteurs écologiques dont les facteurs climatiques, et apparaît alors comme l'expression synthétique de phénomènes complexes.

L'Analyse en Composantes Principales utilisée dans cette étude exprime également de façon simple un phénomène complexe, à savoir la répartition des précipitations mensuelles. Cette expression est ici représentée par ces nouvelles variables que sont les facteurs au sens de l'Analyse statistique.

De façon générale, on peut alors penser qu'il y a convergence entre ces deux approches, chacune présentant ses propres avantages. Cette convergence demanderait cependant à être précisée, d'une part en introduisant dans la méthode quantitative, d'autres variables, les températures notamment, et d'autre part en l'étendant sur le plan géographique.

Si donc, nous nous reportons à la Carte de la Végétation, nous constatons une similitude entre les scores fortement positifs selon l'axe 1 (Fig. 3) et le Hêtre. Seule la station 41 (Valcebollere) située en Cerdagne s'éloigne nettement de l'aire de répartition du Hêtre pour le département considéré. Ceci est dû au fait que la Cerdagne appartient à un système climatique tout à fait original (apparaissant d'ailleurs sur la figure 4) et que la méthode quantitative utilisée ici, rappelons-le, ne considère que les précipitations qui ne sont qu'une des composantes d'un climat.

La figure 4 montre nettement un ensemble de stations à scores fortement négatifs. Ces stations, appartenant aux plateaux de la Cerdagne et du Capcir, mais aussi au Haut Conflent, se distribuent en général dans la série du Pin à Crochets, et ont en commun d'être soumises à un climat de type continental. Les précipitations présentent un maximum en été (Tabl. V des corrélations variables - facteurs, Fig. 2 A et 2 B pour la station 43 : Villeneuve des Escaldes).

Il est donc intéressant de noter ici la convergence assez nette entre les deux approches biogéographique et quantitative. Signalons, en outre, pour donner une autre confirmation de la méthode utilisée, que Izard (1977) étudiant les précipitations de cette partie des Pyrénées-Orientales, arrive aux mêmes conclusions en utilisant des méthodes tout à fait différentes. Cet auteur signale également la situation particulière de la station 41 (Valcebollere), que nous avons notée, lors du commentaire de la figure 3.

CONCLUSION

Cette étude a voulu montrer avant tout l'intérêt de l'Analyse en Composantes Principales dans le traitement de données climatiques. Cette méthode a permis d'abord de résumer un tableau de taille relativement importante, en le réduisant à ce qu'il a d'essentiel, puisque deux facteurs expliquent près de 80% de l'information.

D'un espace initial à 12 dimensions, nous sommes passés à un espace à 2 dimensions. Dans ce plan, déterminé par les nouvelles variables (ou facteurs), l'analyse a

permis en outre de représenter l'ensemble des 43 stations, ainsi que certaines variables jouant un rôle particulièrement net dans la dispersion des stations.

En cela, l'analyse permet d'expliquer la proximité entre stations. La représentation cartographique des scores de chacune des stations, selon chacun des axes, prolonge les résultats de l'analyse et peut permettre la mise en évidence de sous-ensembles climatiques. Ces sous-ensembles peuvent être mis eux-mêmes en relation avec des facteurs physiques cartographiables tels que le réseau orographique, la direction des vents dominants, ... autant de facteurs qui peuvent avoir une influence sur la caractérisation des stations.

Enfin l'exemple traité ici peut être étendu, soit sur le plan de la méthode quantitative (utilisation de la rotation des axes par la méthode varimax (Kaiser, 1958), sur le plan du choix des variables (utilisation du nombre moyen de jours de pluie, ou des séquences pluviométriques), ou même sur le plan géographique en prenant en compte des régions limitrophes (Aude, Ariège, Catalogne espagnole).

BIBLIOGRAPHIE

- ANNALES DE CLIMATOLOGIE, 1969. Commission météorologique des Pyrénées-Orientales. Perpignan, 89 p.
- COOLEY, W.W. et P.R. LOHNES, 1971. Multivariable data analysis. London, John Wiley, 364 p.
- GARCIA RAMON, M.D., 1976. El analisis factorial y canonico como tecnicas de diferenciacion de un espacio agricola. *Estud. geogra. (Madr.)*, **37** : 165-203.
- GAUSSEN, H., 1970. Feuille de Perpignan au 1/200 000. *Service de la Carte de la Végétation*, 2^e édition, Toulouse.
- IZARD, M., 1977. Comptabilité écologique à moyenne échelle. Applications à la définition des régions écologiques Donezan, Capcir, Cerdagne. *Bull. Ecol.*, **8** : 219-230.
- KAISER, H.F., 1958. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, **23** : 187-299.
- KERSHAW, K.A., 1973. Quantitative and dynamic plant ecology. London Arnold, 308 p.
- KING, L.J., 1969. Statistical analysis in geography. London, Prentice-Hall, 288 p.
- LEBART, L., A. MORINEAU et N. TABARD, 1977. Techniques de la description statistique. Paris, Dunod, 351 p.
- MARTIN, S. et M.F. de SAINTIGNON, 1974. Application de l'analyse en composantes principales à l'étude de la variabilité régionale et interannuelle des précipitations ardéchoises. *Rech. Géogr. Lyon*, **1** : 75-92.
- RACINE, J.B. et H. REYMOND, 1972. L'analyse quantitative en géographie. Paris, PUF, 316 p.
- ROMANE, F., 1972. Application à la phytocologie de quelques méthodes d'analyse multivariable. *Thèse Doct. Ing., Montpellier*, 124 p.
- TOMASSONNE, R., 1967. Une méthode d'investigation : la régression orthogonale. *Ann. Sci. for. (Paris)*, **24** : 233-258.
- TORRENS-IBERN, J., 1972. Modèles et méthodes de l'analyse factorielle, Paris, Dunod, 198 p.
- WEAVER, J.C., 1954. Crop-combination in the Middle West. *Geogr. Rev.*, **44** : 175-200.