

PROPOSITION POUR LE TRAITEMENT DES DONNEES HYDROCLIMATIQUES

I - Introduction. Rareté des études d'ensemble sur les hydroclimats.
L'hydroclimatologie donnée écologique. Rareté des chroniques. Métho-

La plupart du temps les données ne concernent que la surface. Quand l'échantillonnage porte sur une certaine épaisseur d'eau et sur différents paramètres, il est d'usage d'essayer de rendre compte tout ensemble de ce qui se passe aux différents niveaux et pour les divers paramètres observés, ce qui, faute de méthodes adéquates laisse une certaine place à une synthèse intuitive. (Berrit 1958 - Morlière 1970).

Le résultat est l'extrême rareté -pour ne pas dire l'inexistence- des résultats comparables entre eux, aussi bien sous le rapport des valeurs absolues des paramètres que sous celui de leurs variations, en fréquence et en amplitudes.

La mise en service, plus ou moins lointaine, de stations automatiques pose le problème de la programmation des mesures et du traitement de résultats. Le sujet nous a paru d'une importance suffisante pour justifier un essai d'exploitation d'un ensemble de données relativement important -celui de la côte occidentale d'Afrique-et une tentative de mise au point de définitions et de méthodes automatiques de traitement.

Dans le présent travail nous proposons certaines de ces définitions et méthodes dont nous faisons application à une chronique portant sur cinq années de mesures à Abidjan.

2 - Réflexions sur l'importance écologique des variations saisonnières. Nécessité de traiter l'ensemble de la couche d'eau
Importance de la vitesse de variation.

2.1 Envisagée comme cadre écologique, l'étude de la variabilité à l'échelle saisonnière doit tenir compte de l'ensemble de la couche d'eau, et porter tout autant sur la notion de variation, dérivée par rapport au temps de la fonction d'évolution, que sur cette fonction elle-même c'est-à-dire les valeurs prises par les paramètres :

Que la vie océanique considérée soit pélagique ou benthique, il apparaît que traiter de différents niveaux (quitte à en choisir un comme supposé le plus significatif) ne rend pas suffisamment compte de ce que nous savons sur l'influence des facteurs physiques.

C'est assez évident en ce qui concerne les populations planctoniques : le phytoplancton, par sa densité, sa structure taxinomique, son développement, ses relations avec les prédateurs, dépend des conditions qui règnent dans toute la zone euphotique et aussi dans les couches inférieures (apports de sels nutritifs, mouvements des herbivores).

Le zooplancton, pour sa part, effectue des migrations verticales importantes et son habitat est une couche de plusieurs centaines de mètres, dont les caractéristiques, notamment de structure, ont une signification certaine.

2.2. On s'est jusqu'à maintenant, en matière d'hydroclimatologie, davantage attaché à décrire des situations qu'à examiner la vitesse à laquelle ces situations se succédaient. Ce dernier point cependant paraît important si on considère l'effet temporaire des gradients temporels :

Il est notoire que l'influence du milieu sur les organismes vivants est surtout sensible par les variations brusques de ce dernier ; les capacités d'adaptation des paramètres du biotope à une évolution assez lente sont généralement importantes. C'est donc moins la courbe d'évolution de ces paramètres qui est à examiner que sa dérivée par rapport au temps.

Examinons ce qui se passe pour une population sédentaire c'est à dire attachée à une zone géographique de faible étendue : la sédentarité peut relever de différentes raisons : certains poissons sont sédentaires par motivation nutritionnelle ; c'est le cas par exemple de *Pseudotolithus sénégaleensis* qui se nourrit d'une petite crevette (*Palaemon hastatus*) dont de fortes concentrations se rencontrent par petits fonds sur le plateau continental ivoirien (Troadee 1971).

La motivation peut ne pas être évidente mais la sédentarité certaine, comme pour les *Pseudotolithus typus* aux embouchures des rivières.

La crevette *Paenues duorarum* est attachée, par son cycle de reproduction et de croissance, aux régions proches des rivières et des lagunes, où s'effectue obligatoirement son premier développement à partir du stade postlarvaire.

Que se passe-t-il lorsque les conditions de milieu évoluent ou changent brutalement ? Si la variation est lente, l'organisme s'adapte et se maintient dans une gamme étendue de valeurs des paramètres. La dépense énergétique est faible et l'organisme supporte sans difficulté la modification de son milieu. Si, par contre, celui-ci est altéré brutalement, il y a menace d'un "stress" dépassant éventuellement la capacité d'adaptation qui permet la sédentarité : l'animal quitte son lieu de fixation ou meurt.^x

L'influence écologique peut porter sur l'animal lui-même ou sur tel ou tel maillon de la chaîne alimentaire dont il dépend, le résultat est le même : la vitesse de variation a plus d'importance que la variation elle-même.

^x C'est ainsi qu'on explique certaines mortalités massives.

Les réactions peuvent être d'un autre ordre physiologique : il est très probable qu'en eaux chaudes notamment les pontes sont déclenchées par des chocs thermiques ou halins intervenant alors que les femelles sont mûres depuis parfois longtemps.

Ces considérations nous ont amené à rechercher une méthode de description du milieu physique qui, à la fois, intègre les caractéristiques hydrologiques sur toute l'épaisseur d'eau, et fasse ressortir la grandeur de la vitesse de variation.

x

x

x

3. Notion d'hydrosaison.

Les quelques études consacrées à l'hydroclimat utilisent les termes de "saison marine", ou d'hydrosaison, sans qu'une définition précise de ces termes ait été donnée. La notion d'hydrosaison a été obérée par deux soucis distincts :

-celui de définir un schéma de variation valable pour toute une région, d'où la recherche des données les moins influencées par les conditions locales. Aussi bien dans le cas de Pointe-Noire que d'Abidjan, celles-ci s'exercent principalement sur la surface.

-le désir de rendre compte d'une relation T/S qualitative évidente, donc de rattacher les saisons à des masses (ou à des catégories) d'eaux. La relation est plus nette aux niveaux profonds qu'en surface.

Les critères de définition ont été choisis, en conséquence, aux niveaux profonds, à 15 m à Pointe-Noire, à 10 m à Abidjan, et non sur l'ensemble du profil. En même temps, le besoin d'un découpage simple dictait le choix des valeurs-critères : à Pointe-Noire (Berrit 1958) les températures et les salinités définissant les Grandes Saisons Chaudes correspondent bien à une limite de catégorie d'eaux (24° et 35 ‰ : Eaux Guinéennes), mais la Grande Saison Froide est déterminée par une température de 20° qui n'est liée à aucune définition.

Il en est de même pour la Petite Saison Froide ($t < 23^{\circ}$).

De même, Morlière, choisissant le niveau 10 m donne comme critères de Grande Saison Froide $t < 22^{\circ}$ et $S > 35 \text{ ‰}$: pour la Grande Saison Chaude $t > 26^{\circ}$, $S < 34,84 \text{ ‰}$ etc... Il est bien évident que ces valeurs sont assez arbitraires et cherchent à rendre compte de la notion-assez subjective-de variations relativement faibles, en températures et en salinités, sur l'ensemble du profil.

Par ailleurs, cette notion de saison, bien que dynamique dans son esprit (les transitions sont des périodes de "remplacement" d'une eau par une autre) est appuyée sur des critères statiques, les valeurs des températures et des salinités considérées comme des seuils.

Nous nous proposons de donner plus loin une définition dynamique de l'hydrosaison, basée sur l'évolution du profil et d'en fournir une méthode automatique de détermination.

Il nous faut d'abord exposer la méthode de traitement des profils et de leur évolution.

4 - Méthode des profils

Réduction d'un profil- Norme et structure. Comparaison de deux profils . Dissemblances scalaire et angulaire . Contributions à la dissemblance.

L'étude descriptive de l'océan comporte celle de la variation des paramètres hydrologiques suivant la profondeur. Une grande partie des données se présente par conséquent sous la forme de profils verticaux, ensembles de valeurs ordonnées qu'il peut être intéres-

conservant le rapport des 7 orniers, ainsi la structure du profil

Un profil est un ensemble unidimensionnel justiciable de la description statistique classique. La dispersion est une donnée

4.2 Comparaison de deux profils

Considérons deux profils P et P' définis par les valeurs Z_1, Z_2, \dots, Z_n et Z'_1, Z'_2, \dots, Z'_n .

Dans l'espace des n niveaux, les deux vecteurs-profils présentent une "dissemblance" que nous définissons comme le vecteur \vec{D} . Soit \vec{D} ce vecteur :

$$\vec{D} \begin{array}{|l} Z_1 - Z'_1 \\ Z_2 - Z'_2 \\ \dots\dots\dots \\ Z_j - Z'_j \\ \dots\dots\dots \end{array} \quad (1)$$

s'en tenait à ces deux termes.

Une partie de cette information est récupérable (jusqu'à la totalité) par la matrice des angles du vecteur dissemblance avec chacun des axes j :

$$M_{\cos} = \begin{pmatrix} \frac{Z_1 - Z'_1}{N_D} \\ \frac{Z_2 - Z'_2}{N_D} \\ \vdots \\ \frac{Z_n - Z'_n}{N_D} \end{pmatrix}$$

ou, plus aisément pour le calcul par la Matrice des Contributions :

$$M_c = M_{\cos}^2$$

En résumé, la différence entre profils s'exprime :

-par la grandeur de la différence : différence scalaire ou "norme".

-par la différence dans la structure des deux situations : dissemblance angulaire.

-par la contribution de chaque niveau à la dissemblance.

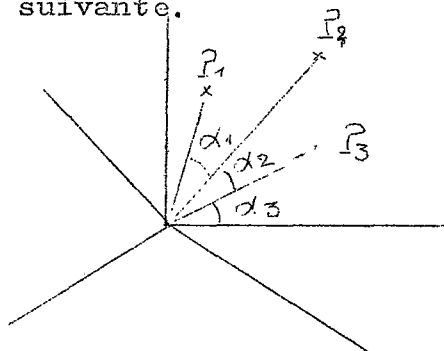
 $\cos \alpha$ n'est pas indépendant de la valeur du paramètre : la dissemblance angulaire de deux profils superposables mais décalés dans

5. - Traitement d'un ensemble de données hydroclimatiques : évolution d'un profil thermique. Hydrosaisons thermiques devant Abidjan en 1967.

Les observations ont été faites à la station côtière d'Abidjan (Berrit et A. 1968), généralement deux fois par semaine. Nous utilisons ici les moyennes par quinzaine.

Le profil est défini par les valeurs de la température mesurée au 1/ 10 aux niveaux 0 , 5 , 10 , 15 , 20 m. (Matrice des données Annexe 1).

L'espace des niveaux à 5 dimensions. L'évolution y est représentée par une ligne brisée joignant, dans l'ordre chronologique, les 24 points-profil des 24 quinzaines. Nous examinons les dissemblances scalaires et angulaires entre chaque profil de quinzaine et celui de la suivante.



5. 1 - Dissemblance scalaire.

Nous calculons les 23 valeurs des normes inter-quinzaines (tableau 1) En notant i le numéro de la quinzaine (colonne) et j celui du niveau (ligne), nous avons :

$$D_{i,i+1} = N_{i,i+1}^2 = \sum_{j=1}^5 (t_{ij} - t_{i+1,j})^2$$

où t_{ij} est la température, au niveau j de la quinzaine i .

Agitation

Les valeurs de D permettent de tracer un histogramme (fig1) représentant la grandeur de la valeur absolue de l'évolution thermique, d'une quinzaine à la suivante.

La somme des surfaces définies par l'histogramme à la valeur A, telle que :

$$A = \Delta\theta \sum_{i=1}^{24} N_{i,i+1}^2$$

Où $\Delta\theta$ est l'intervalle de mesure (ici la quinzaine). Si nous considérons un intervalle infiniment petit $d\theta$ et une période $0 - \tau$ nous avons :

$$A = \int_0^{\tau} \left(\frac{dN}{d\theta} \right)^2 d\theta$$

A exprime la somme des variations absolues du profil pendant la période τ . Par analogie avec les phénomènes dynamiques, nous l'appelons "agitation du profil de 0 à τ ".

L'Agitation moyenne \bar{A} sera : $\bar{A} = \frac{A}{\tau}$ et dans le cas de notre exemple, la valeur moyenne des dissemblances scalaires :

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^{24} N_{i,i+1}^2}{24}$$

Stabilité du profil. Hydrosaisons

Une faible valeur de A pendant une période donnée signifie que le profil varie peu, qu'il est "stable". Nous proposons de donner à ces périodes le nom "d'hydrosaisons" et celui de "transitions" à celles où l'agitation prend de fortes valeurs, Selon le paramètre utilisé, il y aura ainsi des hydrosaisons thermiques, halines, etc...

Variation moyenne quadratique :

A chaque valeur de la norme, on peut faire correspondre une valeur moyenne de la variation répartie par niveau :

$$N^2 = n \cdot \overline{\Delta z^2}$$

où n représente le nombre de niveaux, z la variation moyenne du paramètre z.

$$\Delta z = \sqrt{\frac{N^2}{n}}$$

Critère de stabilité

Le critère de stabilité (ou d'agitation), limite au dessus de laquelle la situation est de transition est à priori arbitraire. Il dépend en principe, envisagé sous son aspect écologique, de la signification donnée à la variation : un profil thermique peut, selon les cas, être considéré comme stable avec une variation moyenne par niveau déterminée par son influence sur telle ou telle forme de vie. Une variation de $0,5^{\circ}\text{C}$ par niveau (Norme -critère de 1,25 pour 5 niveaux) par exemple peut être significative pour tel animal sédentaire. Le choix de critère est donc spécifique de la forme de vie étudiée.

Sauf cas particulier, la valeur critique écologique de D n'est pas connue et c'est précisément l'examen des réactions biologiques dans le cadre hydrologique saisonnier qui peut donner des informations sur sa grandeur. Il convient donc de définir, au moins provisoirement, les grandes lignes de ce cadre afin de simplifier sa description.

Ce choix d'un critère ne peut être éludé.

Nous savons par ailleurs que les descriptions saisonnières faites précédemment sur d'autres bases ne sont révélées généralement à peu près convenables pour l'interprétation écologique. Il serait bon que cette information soit retenue et que le critère choisi fournisse un découpage du même type.

Nous remarquons que les valeurs comprises entre $D = 12$ et $D = 20$ donnent le même résultat. Par ailleurs, la valeur moyenne de l'Agitation est de 18. D'autres considérations nous proposent une fourchette 10-16 (Cf. p.). Sans préciser davantage, nous retenons le découpage sur la base du critère 12-20. Son application sur la figure 1 détermine les périodes de faibles variations (les saisons) et les autres (transitions).

Il nous faut introduire dans la notion de saison une condition complémentaire de durée : une quinzaine paraît une période trop courte pour être qualifiée de "saison". Elle sera considérée comme une interruption de transition.

Par application du critère 12-20 et de la règle du minimum saisonnier ainsi fixé, dans notre cas, à un mois, nous obtenons pour 1967, le schéma du tableau 2.

Dissemblances scalaires (D) et angulaires (α)
par quinzaine (Q) 1967 - Températures

Q	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11
D	24.8	20.2	1.2	2.8	0.8	11.0	12.0	7.1	21.2	0.3
Δt	2.2	2.0	0.5	0.8	0.4	1.5	1.6	1.2	2.1	0.3

Q	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Il est intéressant de rapprocher ces résultats de ceux de Morlière (1970). Malgré les différences profondes dans la conception même de l'hydrosaison et le mode de traitement des données, il y a un accord qualitatif assez bon entre les deux séries de résultats. Les divergences entre les deux méthodes sont illustrées par la figure où nous avons représenté les valeurs des températures au niveau référence (10m). Le critère de Morlière pour le début et la fin de la Grande Saison Froide par exemple est 22° . Mais le profil n'est stabilisé qu'à des valeurs de t_{10} de l'ordre de 18°C , ce qui nous amène à restreindre, par rapport à Morlière, la durée de la saison.

Dissemblance angulaire. Variation de structure du profil.

Le calcul des cosinus (page 10) permet d'obtenir les valeurs des angles des vecteurs-profil de chaque quinzaine avec celui de la quinzaine suivante (tableau 1).

TABLÉAU 2DECOUPAGE THERMIQUE SAISONNIERSUR LA BASE DE LA QUINZAINE - ABIDJAN 1967

METHODE DES PROFILS		MORLIERE (1970)	
Saisons	Transitions	Saisons	Transitions
	... 7 Février		
		16-30 Janvier :	
		Petite Saison :	
		Froide :	
7 Février 7mai :		1 ^e Février-25Mai :	
$\bar{A} = 6$:		Grande saison :	
Grande saison :		Chaude :	
chaude :			
	7 mai - 7 août :		26 mai - 21 Juil :
	$\bar{A} = 30$:		let :
7 Août - 7 octobre :		22 Juillet :	
$\bar{A} = 3$:		- 25 Octobre :	
Grande Saison :		Grande Saison :	
Froide :		Froide :	
	7 Octobre :		26 Octobre :
	- 7 Novembre :		- 1 Novembre :
	$\bar{A} = 71$:		
7 Novembre... :		2 Novembre.. :	
Petite Saison :		Petite Saison :	
Chaude :		Chaude :	

Remarques : Le traitement par quinzaine entraine une approximation de + 7 jours dans les dates fournies par la méthode des profils.

La "Petite Saison Froide" de Morlière apparait, dans la méthode des profils, comme appartenant à une transition.

la valeur maximum d' α est de 4° , entre les quinzaines 13 et 14 et 14 et 15. A titre d'illustration, la figure 2 représente les profils de quinzaine dont les différences de structure sont exprimées par des valeurs de voisines de 1° , 2° , 3° , 4° .

Structure de la variation

Y a-t-il des niveaux principaux où s'exerce la variation et si

TABLEAU 3

MATRICE DES CONTRIBUTIONS A LA DISSEMBLANCE
PAR QUINZAINES - ABIDJAN - STATION COTIERE 1967

Q	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
0	5	8	32	22	17	28	0	0	2	14	9	33
5	10	20	9	31	35	32	8	11	11	17	9	25
10	17	23	50	38	35	12	36	22	18	9	12	20
15	29	32	1	8	7	12	33	30	29	5	28	2
20	39	17	8	1	3	16	23	37	40	55	42	20
Q	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-1
0	5	19	5	81	31	42	13	15	33	4	29	0
5	8	44	26	3	52	10	29	18	15	7	27	1
10	17	28	24	6	8	0	26	22	6	5	14	6
15	36	8	17	4	0	10	19	22	10	12	19	81
20	34	1	28	6	9	38	13	23	36	72	11	12