
ÉVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE D'UN INDICE CARACTÉRISANT L'INTENSITÉ DE LA RÉSURGENCE IVOIRO-GHANÉENNE

Robert ARFI, Olivier PEZENNEC, Souleymane CISSOKO et Martin MENSAH

Introduction

Les conditions hydroclimatiques qui règnent au-dessus d'un plateau continental ont d'importantes conséquences sur l'écologie du milieu (température, richesse nutritive et production pélagique) et sur l'importance et la disponibilité de la ressource halieutique. Se développant dans un contexte écologique plutôt oligotrophe lorsque les apports terrigènes sont peu importants (BINET, 1983) et bien que saisonnière, la résurgence côtière ivoiro-ghanéenne est suffisamment intense pour enrichir considérablement le milieu (HERBLAND *et al.*, 1983). Mises en évidence par VARLET (1958) et caractérisées par MORLIÈRE (1970), les saisons « marines » devant Abidjan et le long du littoral ivoirien sont maintenant assez bien connues. Le cycle annuel est caractérisé par l'alternance d'une grande saison froide (GSF, juin-octobre) et d'une grande saison chaude (GSC, novembre-mai), au sein de laquelle se déroule un épisode froid, ou petite saison froide (PSF), plus ou moins marqué selon le site et l'année. Les remontées d'eau froide qui intéressent le plateau continental ivoirien ont été plus particulièrement décrites par VERSTRAETE (1970), puis par MORLIÈRE et REBERT (1972). Plusieurs mécanismes ont été proposés pour expliquer le déclenchement et le maintien, plusieurs semaines durant, de cette résurgence côtière (PICAUT, 1983, COLIN *et al.*, dans cet ouvrage). Ces différents travaux reposent sur l'exploitation de données d'origine diverse (campagnes océanographiques dans le golfe de Guinée, mesures de la température de surface de l'eau de mer - SST - par des navires marchands, séries chronologiques aux stations côtières). Mais les relevés de température à la côte recueillis quotidiennement depuis 1970 au Ghana et 1978 en Côte-d'Ivoire n'ont pas encore fait l'objet

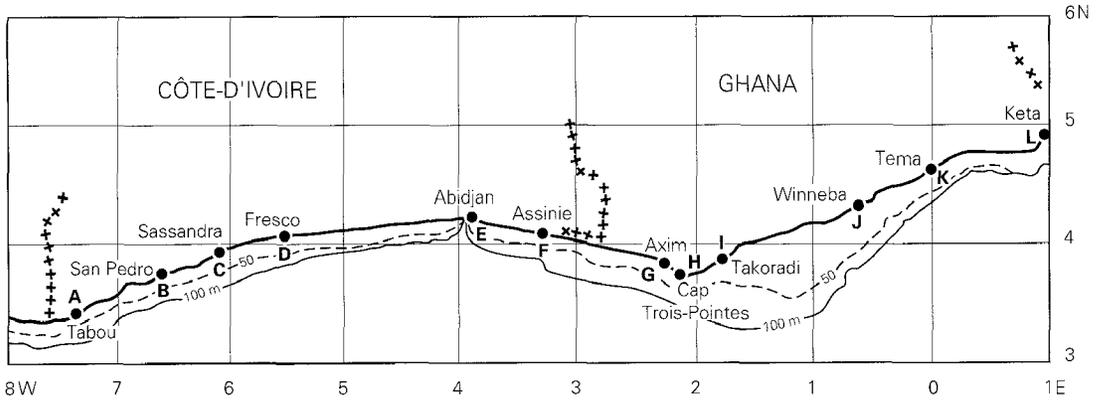


Figure 1

Carte du plateau continental ivoiro-ghanéen et localisation des stations de mesure des températures.

de dépouillement approfondi sur de longues séquences, contrairement à ce qui a été réalisé en Mauritanie (ARFI, 1987) ou au Sénégal (PORTOLANO, 1986). En outre, aucun des travaux portant sur l'hydrologie du golfe de Guinée ne prend réellement en compte la variabilité spatio-temporelle de cette résurgence ivoiro-ghanéenne. La présente étude se rapporte donc à cet aspect peu connu du phénomène, entre Tabou à l'ouest de la Côte-d'Ivoire et Keta à l'est du Ghana (figure 1).

L'intensité des remontées induites par un vent soufflant parallèlement à la ligne de côte est couramment décrite au moyen de l'indice d'Eckman (WOOSTER *et al.*, 1976), à partir de la tension locale du vent et de la latitude du lieu. Mais un tel descripteur s'est avéré peu utilisable dans le secteur d'étude (BAKUN, 1978), principalement en raison de la faiblesse des vents locaux. D'autres types d'indice ont alors été proposés :

- un indice annuel, obtenu en multipliant le nombre de quinzaines où la température moyenne est inférieure à 26 °C par la différence entre 26 °C et la température moyenne de ces périodes (FRU/CRO/ORSTOM, 1976) ;
- BINET, (1982) utilise ce type d'indice, mais fixe le seuil thermique à 24 °C ;
- à partir des SST relevées par les navires marchands, CURY et ROY (1987) calculent les anomalies thermiques mensuelles par rapport à la moyenne des températures des périodes froides (juillet à septembre et janvier-février) ; la somme de ces anomalies produit un indice annuel.

Afin de mieux mettre en évidence la variabilité spatio-temporelle de l'intensité de la résurgence ivoiro-ghanéenne, une série d'indices par quinzaine, utilisant les données quotidiennes de température, a été calculée pour les douze stations dont les données sont disponibles. Ce découpage permet en outre une meilleure connaissance des périodes concernées par le refroidissement de l'eau. Le seuil de 26 °C a été préféré à une température plus basse afin de mieux prendre en compte l'abaissement des températures observé en petite saison froide, nettement moins intense que celui qui a lieu de juillet à septembre.

Matériel et méthodes

Les températures sont mesurées quotidiennement en surface entre 7 h et 9 h TU, en douze points du littoral de la Côte-d'Ivoire et du Ghana (figure 1). Les stations sont Tabou, San Pedro, Sassandra, Fresco, Abidjan-Port-Bouët et Assinie en Côte-d'Ivoire ; Axim, cap des Trois-Pointes, Takoradi, Winneba, Tema et Keta au Ghana. Les données ont été vérifiées puis validées, une donnée manquante ou aberrante (supérieure à ± 3 fois l'écart-type de la quinzaine considérée) étant remplacée par la valeur moyenne de la quinzaine de même rang à la station considérée.

À partir de ces données quotidiennes disponibles de 1970 à 1988 au Ghana et de 1978 à 1988 en Côte-d'Ivoire (1982-1988 pour San Pedro), un indice de l'intensité de la résurgence a été calculé pour chaque quinzaine, en chaque station et année par année, selon la formule :

$$I_{qz} = (26,0 - M_{qz}) \cdot N_{qz} \text{ (en } ^\circ\text{C.)}$$

avec :

N_{qz} = nombre de jours de la quinzaine pour lesquels la température est inférieure à $26,0^\circ\text{C}$.

M_{qz} = moyenne des températures inférieures à $26,0^\circ\text{C}$ pour la quinzaine considérée.

Cet indice prend donc en compte la durée du refroidissement, et son intensité. On peut ensuite calculer pour chaque station :

- une valeur annuelle I , somme des I_{qz} de l'année ;
- une moyenne par quinzaine, de janvier à décembre, pour toute l'étendue des données disponibles ;
- un indice de petite saison froide, I_{psf} , calculé à partir des quatre quinzaines de janvier et février ;
- un indice de grande saison froide, I_{gsf} , calculé à partir des six quinzaines de juillet à septembre.

Se rapportant à des durées variables (24, 4 et 6 quinzaines), ces différents indices ne sont donc pas comparables entre eux. Les données ghanéennes ont été fournies par le *Fishery Research Unit* de Tema, les données ivoiriennes par le Centre de recherches océanographiques d'Abidjan.

Résultats

DÉFINITION D'UNE ANNÉE TYPE

À partir de la moyenne des indices calculés sur les quinzaines de même rang, on peut définir le déroulement d'une année type pour chaque station. Les schémas annuels ainsi obtenus sont très comparables (figure 2) et on peut parler d'une relative unicité régionale. Deux grandes saisons s'opposent nettement :

- un « ensemble froid », qui s'étend de juin à octobre, avec une intensité maximale entre juillet et septembre : l'indice augmente rapidement à partir de la seconde quinzaine de juin, et diminue tout aussi rapidement dès la seconde quinzaine de septembre ; cette séquence peut être assimilée à la grande saison froide marine ; elle est assez peu marquée devant Axim, mais très nette à Takoradi, Tabou et San Pedro ;
- un « ensemble chaud » qui s'étend d'octobre à juin, surtout marqué en novembre et en avril ; cette période comprend un épisode froid, que l'on peut assimiler à la petite saison froide marine qui s'observe généralement en janvier et février ; ce refroidissement est important dans l'ouest ivoirien, entre Tabou et Sassandra ; il est plutôt secondaire à Fresco, Abidjan et Takoradi, et très limité aux autres stations de la côte ghanéenne.

Ce schéma recoupe globalement le découpage saisonnier proposé par MORLIÈRE (1970), qui se retrouve clairement sur l'ensemble du littoral ivoirien (MORLIÈRE et REBERT, 1972). Au Ghana, la PSF ne montre donc une intensité remarquable qu'à Takoradi, les autres points du littoral ne présentant pas de refroidissement nettement marqué. On peut enfin remarquer, lors de la première quinzaine d'août, une diminution parfois notable de l'intensité de la résurgence aux stations comprises entre Tabou et le cap des Trois-Pointes.

DÉCOUPAGE SPATIAL

Les indices annuels moyens calculés pour chaque station (figure 3a) permettent un découpage du littoral en secteurs où la remontée côtière est plus ou moins active :

- la plus forte intensité annuelle moyenne de la remontée est notée à Tabou et San Pedro en Côte-d'Ivoire, et à Takoradi au Ghana ($I > 480^\circ\text{C.}$) ;
- la valeur la plus faible (150°C.) correspond à la station d'Axim ;

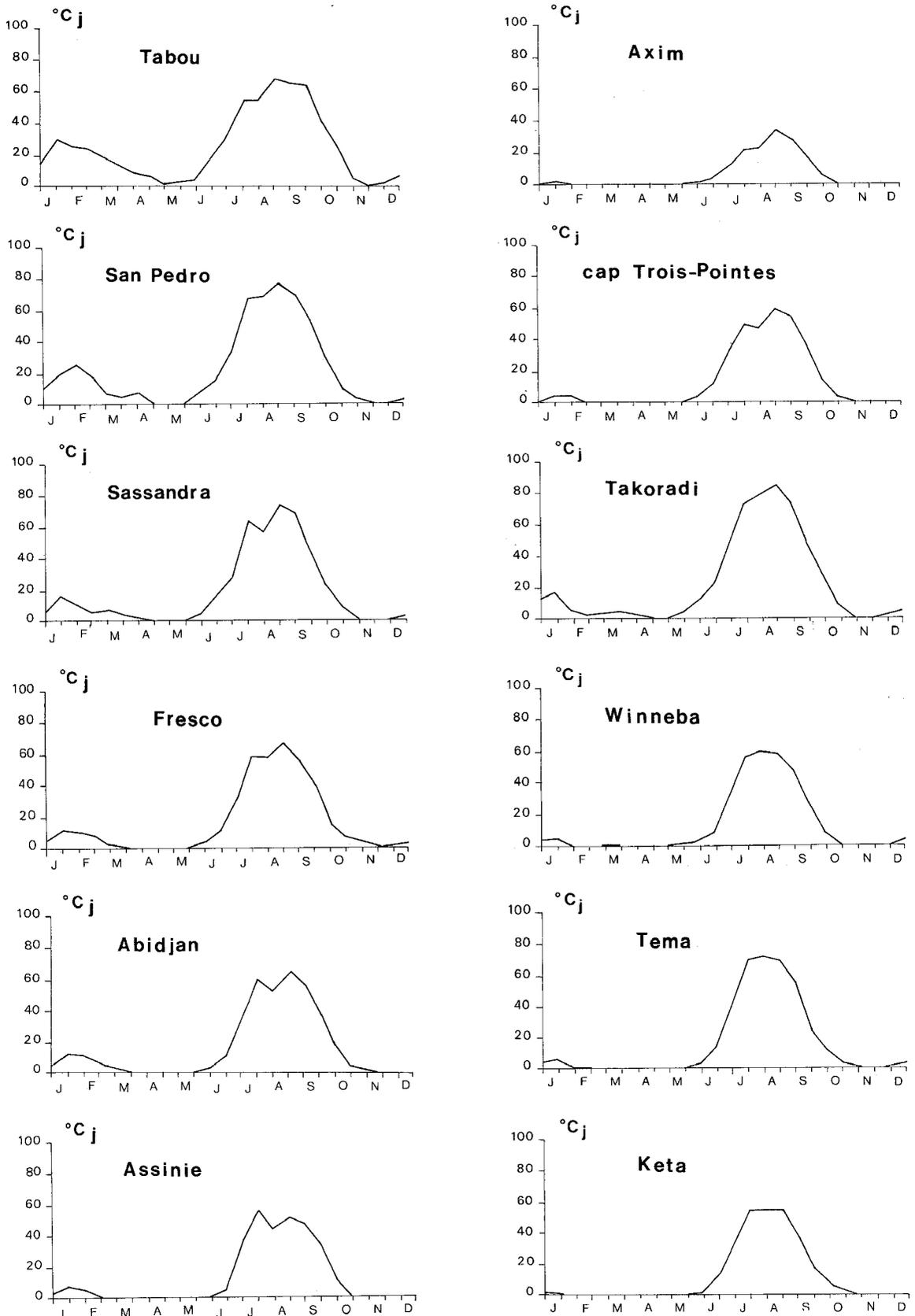


Figure 2

Indices moyens par quinzaine, produisant des schémas annuels typés pour les stations localisées entre Tabou et Keta.

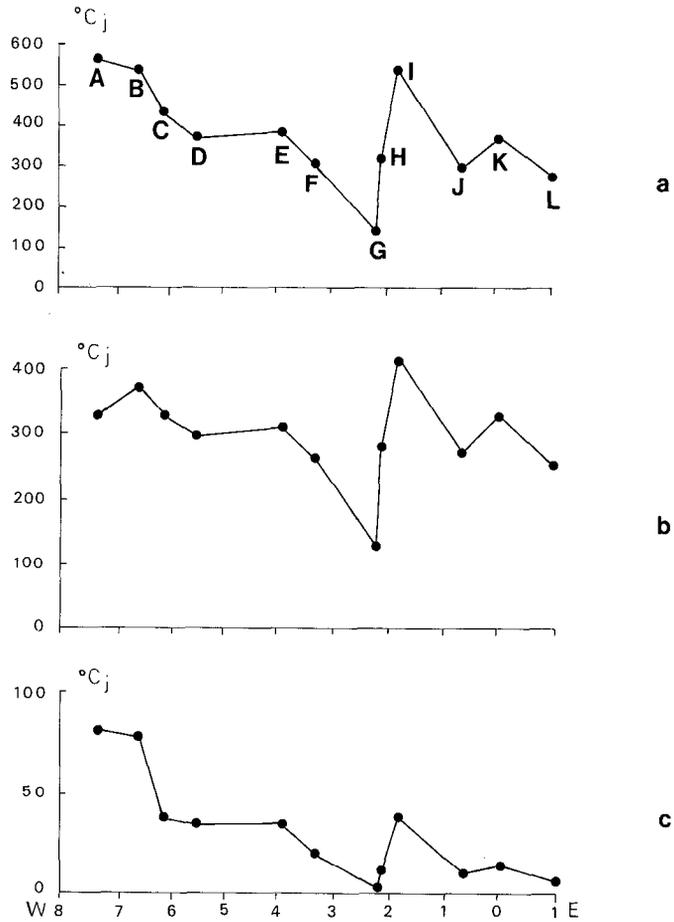
Figure 3

a) Indices annuels moyens de l'intensité de la remontée côtière.

Liste des points de mesure : Tabou (A), San Pedro (B), Sassandra (C), Fresco (D), Abidjan (E), Assinie (F), Axim (G), cap des Trois-Pointes (H), Takoradi (I), Winneba (J), Tema (K) et Keta (L).

b) Indices moyens de grande saison froide pour les stations localisées entre Tabou et Keta (1978-1987).

c) Indices moyens de petite saison froide pour les stations localisées entre Tabou et Keta (1978-1987).



— les autres points du littoral ivoiro-ghanéen présentent des intensités annuelles moyennes comparables, de l'ordre de 340 °C.j ; entre le cap des Palmes et le cap des Trois-Pointes, on remarque une tendance à une diminution progressive de l'activité de la résurgence, qui présente ainsi une intensité minimale face à la côte ouest du cap des Trois-Pointes.

Les indices saisonniers calculés pour la GSF (juillet à septembre) sont élevés sur l'ensemble du littoral étudié (lgsf > 240 °C.j), à l'exception toutefois d'Axim (figure 3b). Les points où la résurgence est la plus intense sont Tabou, San Pedro et Sassandra en Côte-d'Ivoire, Takoradi au Ghana (lgsf > 330 °C.j). Ces stations sont situées sur des portions du littoral orientées respectivement à 246 et 243° (soit une direction générale ENE - WSW). La côte où est localisée Axim est, elle, orientée au 138° (NW-SE).

La PSF (janvier-février) est surtout marquée de Tabou à San Pedro (lpsf > 80 °C.j). Les autres stations montrent des indices plus faibles (lpsf < 40 °C.j), en particulier au Ghana. Les points d'Axim (indice proche de 0 °C.j) et de Takoradi (40 °C.j) s'y individualisent là encore (figure 3c).

Le littoral face à Takoradi présente donc une résurgence de GSF très active; c'est face à Tabou et San Pedro que la remontée est la plus intense pendant la PSF. Les schémas annuels correspondant à ces trois stations pourtant caractérisées par des indices annuels comparables sont donc en définitive assez différents. Au sein d'un ensemble régional ivoiro-ghanéen, une partition géographique peut ainsi être proposée :

- le littoral ivoirien, et la côte est du cap des Trois-Pointes sont le siège de deux épisodes froids marqués, avec une remontée intense de juillet à septembre, et une autre moins active en janvier et février ;
- le littoral ghanéen (à l'exception d'Axim) est également concerné par deux épisodes froids, mais la résurgence de PSF est beaucoup moins marquée qu'à l'ouest ;
- la côte d'Axim, enfin, n'est intéressée par une résurgence qu'au cours de l'été boréal, avec, en outre, une activité nettement plus faible que celle observée aux autres stations.

VARIABILITÉ INTERANNUELLE

L'étude des indices annuels pour l'ensemble des stations de chacune des trois zones montrent la succession d'années aux caractéristiques très différentes (tableau I) :

- dans la période 1970-1977 (données du Ghana uniquement), on distingue des années à résurgence peu active (1970 à 1974) et des années à résurgence intense (1975 et 1976) ; on peut avec prudence extrapoler ces résultats à l'est ivoirien, en se basant sur ce que l'on sait de la concordance observée entre ces deux secteurs au cours de la séquence 1978-1987 ;
- l'indice annuel est particulièrement élevé en 1985-1986 à Abidjan et Assinie, comme le long du littoral ghanéen, et particulièrement faible en 1979 et 1987 ;
- l'ouest ivoirien présente deux périodes nettement distinctes : 1978 à 1982 sont des années à résurgence plutôt intense, 1983 à 1987 des années à résurgence plutôt peu active.

Ces caractères et ce découpage se retrouvent lors de l'étude des indices saisonniers (tableaux II et III) : les résurgences de GSF ont été particulièrement intenses en 1971-1972, 1975-1976, 1978, 1982-1983 et 1985-1986 au Ghana (et pour la période où les données sont disponibles, dans l'est ivoirien), peu actives en 1973, 1974, 1979, 1981 et 1987. Dans l'ouest ivoirien, la situation est différente et on peut distinguer des séquences de remontée active (1978 à 1982 et 1985) et des séquences de remontée peu intense (1983-1984 et 1986), voire exceptionnellement faible (1987).

Le long du littoral ghanéen, la PSF n'est marquée qu'à Takoradi, et plus particulièrement en 1976, 1979 et 1986. En Côte-d'Ivoire, les années 1978 et 1980 à 1984 sont caractérisées par des PSF peu importantes, sauf exception locale (par exemple, face à Fresco en 1984). Au sein de la séquence 1978-1987, l'année 1979 s'individualise avec des anomalies fortement positives de Tabou à Fresco et à Takoradi. La période 1985 à 1987 montre une tendance à l'augmentation des indices de PSF. L'année 1987, si particulière du point de vue de la GSF, est, là, caractérisée par une PSF plutôt importante, y compris aux stations du cap des Trois-Pointes et de Takoradi, mais très peu marquée à Sassandra.

Discussion

Les températures étant mesurées à la côte, la résurgence n'est détectée que lorsque les eaux froides atteignent la couche la plus superficielle de l'océan. Les indices utilisés reflètent donc des situations tranchées, et, globalement, l'intensité des événements froids est probablement sous-estimée.

CHOIX DE L'INDICE

En raison du caractère particulier de la résurgence ivoiro-ghanéenne, on ne peut utiliser l'indice lié au transport d'Eckman. Un paramètre « intuitif » a donc été employé, et ce choix peut être discuté :

- tout d'abord, cet indice n'est pas comparable à ceux utilisés pour d'autres sites de remontées côtières ; tout au plus pourra-t-on décrire des phénomènes plus ou moins intenses ;
- les températures utilisées sont mesurées à la côte ; cette technique, aisée et adaptée aux contraintes du terrain, peut cependant induire un biais dans l'estimation des températures plus au large (décalage temporel, influence des particularités locales...) ; néanmoins, l'étude des relevés montre que les températures à la côte observées à Port-Bouët sont généralement plus froides (de l'ordre de 1 °C) que celles mesurées plus au large face à Abidjan (station côtière), les deux séries présentant une très étroite corrélation ($r = 0,93$; $n = 157$) ; en outre, lors du programme FOCAL, les mesures de température à la côte (Port-Bouët) et le long d'une radiale nord-sud vers le large ne révèlent pas de différences notables, si ce n'est une tendance à être plus froides près du littoral (COLIN, 1988) ; les résultats acquis à la côte diffèrent donc peu de ceux obtenus au large, et l'évolution thermique ainsi définie reflète assez bien les conditions régnant au-dessus du plateau continental, en particulier pour ce qui se rapporte aux séquences de rupture ;

TABLEAU I
Variabilité spatio-temporelle de l'indice moyen annuel pour les stations localisées entre Tabou et Keta

ANNÉE	Tabou	San Pedro	Sassandra	Fresco	Abidjan	Assinie	Axim	Trois-Pointes	Takoradi	Winneba	Tema	Keta	MOYENNE	ÉCART-TYPE
1970							5,5	7,0	20,2	16,3	12,4	10,0	11,9	5,6
1971							9,6	15,8	20,8	17,4	17,8	14,2	15,9	3,8
1972							7,4	8,5	23,5	16,3	17,2	14,1	14,5	6,0
1973							6,3	13,4	15,3	8,7	12,0	9,6	10,9	3,3
1974							6,3	7,9	19,2	9,9	16,5	13,4	12,2	5,1
1975							9,6	18,9	23,1	15,7	21,1	17,0	17,6	4,7
1976							11,5	24,5	37,8	19,0	25,4	21,3	23,2	8,7
1977							6,9	17,1	28,7	13,3	18,6	13,8	16,4	7,3
1978	31,0		29,5	19,9	23,7	17,4	5,5	18,8	28,1	13,3	19,0	14,5	20,1	7,6
1979	26,0		20,1	15,5	11,7	8,1	4,4	9,0	17,1	12,2	7,0	5,9	12,5	6,6
1980	31,5		22,3	19,9	15,3	11,9	5,9	11,7	22,1	10,1	12,3	8,7	15,6	7,6
1981	26,4		17,4	15,3	14,2	11,0	5,5	12,7	19,7	9,1	11,7	8,8	13,8	5,8
1982	25,3	26,1	21,7	17,4	17,4	14,6	6,5	18,9	24,6	15,2	18,2	12,2	18,2	5,7
1983	16,2	19,7	18,5	13,9	14,3	11,8	5,3	12,6	23,7	14,9	17,2	14,3	15,2	4,6
1984	16,4	19,7	15,1	13,4	15,0	14,0	4,6	15,8	21,7	9,7	15,4	10,4	14,2	4,5
1985	25,8	25,8	18,1	15,6	18,8	18,9	5,6	16,2	24,8	12,1	19,0	10,6	17,6	6,2
1986	20,1	23,0	9,6	14,0	21,9	17,7	7,0	17,0	28,6	16,1	22,7	15,8	17,8	6,0
1987	17,6	20,0	9,2	12,3	10,7	5,4	3,0	6,6	13,8	5,0	5,7	2,7	9,3	5,7
1988	14,1	22,7	19,1	13,3	17,3	12,4	3,1	10,7	19,0	8,3	12,6	7,2	13,3	5,6
MOYENNE	22,8	22,4	18,2	15,5	16,4	13,0	6,3	13,8	22,7	12,8	15,9	11,8		
ÉCART-TYPE	6,1	2,8	5,7	2,6	4,0	4,1	2,1	4,9	5,5	3,7	5,0	4,3		

TABEAU II
Variabilité spatio-temporelle de l'indice de grande saison froide

ANNÉE	Tabou	San Pedro	Sassandra	Fresco	Abidjan	Assinie	Axim	Trois-Pointes	Takoradi	Winneba	Tema	Keta	MOYENNE	ÉCART-TYPE
1970							21,7	27,4	68,9	52,3	47,8	38,8	42,8	17,3
1971							35,2	55,3	67,2	65,6	64,1	53,4	56,8	12,0
1972							29,3	33,5	75,2	57,1	62,5	52,4	51,7	17,5
1973							23,2	47,8	51,1	33,1	44,6	33,5	38,9	10,7
1974							22,2	24,0	57,8	33,7	55,2	46,5	39,9	15,5
1975							31,0	63,2	72,6	57,6	73,5	59,8	59,6	15,5
1976							40,1	73,2	95,8	61,9	78,8	66,3	69,4	18,6
1977							23,6	55,1	75,2	46,8	61,1	47,6	51,6	17,2
1978	65,3		84,4	63,2	75,6	60,4	21,0	61,5	83,6	47,1	65,6	48,3	61,5	18,1
1979	59,5		59,4	46,9	37,1	27,5	16,9	29,7	42,9	46,0	21,4	20,8	37,1	15,1
1980	74,8		63,7	63,4	46,9	38,4	19,5	39,2	62,6	34,1	40,7	29,4	46,6	17,2
1981	68,5		55,4	50,9	49,7	40,4	19,3	47,8	63,4	34,2	41,9	30,2	45,6	14,4
1982	59,3	77,8	66,5	56,3	64,1	54,1	23,6	67,6	82,3	57,5	69,8	46,6	60,5	15,3
1983	39,6	55,0	55,2	43,2	48,4	41,8	16,7	45,2	74,3	51,5	57,2	50,6	48,2	13,5
1984	45,9	67,3	53,2	51,0	56,4	52,9	16,9	57,7	70,2	38,1	58,7	40,0	50,7	14,3
1985	64,1	72,5	59,2	55,0	61,7	63,1	21,2	55,9	75,9	41,8	63,9	36,7	55,9	15,6
1986	34,4	54,4	27,5	44,6	64,4	54,7	24,6	54,5	85,2	57,6	78,1	57,9	53,2	18,4
1987	39,5	43,2	26,6	28,2	23,4	13,9	10,2	19,5	32,0	11,7	13,7	7,2	22,4	11,8
1988	40,6	67,1	62,0	42,2	58,9	43,1	8,5	38,1	57,7	30,9	47,2	27,6	43,7	16,6
MOYENNE	53,8	62,5	55,7	49,5	53,3	44,6	22,4	47,2	68,1	45,2	55,0	41,8		
ÉCART-TYPE	14,1	12,1	16,5	10,2	14,4	14,7	7,7	15,4	15,3	13,5	17,4	14,7		

TABLEAU III
Variabilité spatio-temporelle de l'indice de petite saison froide

ANNÉE	Tabou	San Pedro	Sassandra	Fresco	Abidjan	Assinie	Axim	Trois-Pointes	Takoradi	Winneba	Tema	Keta	MOYENNE	ÉCART-TYPE
1970							0	0,7	3,4	9,6	0,8	0,2	2,5	3,7
1971							0,2	1,4	2,8	3,2	2,1	0,5	1,7	1,2
1972							0	0,4	11,2	5,0	7,9	2,0	4,4	4,5
1973							0,5	0,4	8,2	0	3,1	2,3	2,4	3,1
1974							2,3	0,5	5,1	1,3	2,6	1,2	2,2	1,6
1975							2,2	1,6	1,0	0,1	0,2	0,6	1,0	0,8
1976							0,4	6,8	18,6	6,7	7,7	3,5	7,3	6,2
1977							0,7	4,8	14,1	2,4	3,4	1,1	4,4	5,0
1978	19,6		8,3	2,6	8,1	4,8	0	1,8	6,4	0	0,6	0	4,7	5,9
1979	31,2		17,4	17,4	8,2	4,5	0	3,6	23,7	1,4	7,5	1,6	10,6	10,3
1980	24,6		14,2	12,1	8,6	4,0	0,5	2,2	10,2	0,9	2,2	0,8	7,3	7,6
1981	26,5	0	14,3	8,7	8,1	5,2	0,7	2,9	9,5	2,1	3,5	1,6	7,6	7,5
1982	25,2	17,1	10,3	6,9	3,0	1,5	0,7	3,2	5,7	3,0	0,6	0,5	6,5	7,6
1983	10,8	6,4	1,7	9,3	3,8	2,2	3,6	1,9	4,4	5,1	5,3	7,4	5,2	2,9
1984	8,4	4,9	4,0	1,1	1,8	0,5	0,1	0,4	8,2	0	0	0	2,5	3,2
1985	20,8	17,6	10,1	7,5	11,4	10,8	0	3,9	9,0	5,0	6,5	2,5	8,8	6,0
1986	31,3	35,1	13,6	3,1	19,6	14,2	0	12,4	19,2	4,7	6,8	2,4	13,5	11,2
1987	26,4	31,4	2,3	17,3	15,0	4,4	0	5,5	15,7	0,7	2,4	0	10,1	10,8
1988	3,8	6,9	4,4	1,7	1,5	0,8	2,8	0,1	4,1	0	0	0	2,2	2,2
MOYENNE	20,8	17,1	9,1	8,0	8,1	4,8	0,8	2,9	9,5	2,7	3,3	1,5		
ÉCART-TYPE	9,3	12,2	5,4	5,8	5,6	4,2	1,1	3,0	6,2	2,7	2,8	1,8		

- le choix du seuil de température (26 °C) n'est pas arbitraire : cette valeur est en effet très proche de la moyenne annuelle à chacune des stations étudiées ; utiliser une valeur plus basse (24 °C, proposé par BINET, 1983) aurait pour effet d'occulter partiellement ou totalement la petite saison froide ; on pourrait également utiliser un seuil thermique différent pour chacune des saisons froides ou pour des ensembles géographiques donnés, mais il a semblé préférable de garder une certaine unicité dans l'estimation de l'activité de la résurgence côtière ;
- afin de rester en phase avec les données de débarquement des pêcheries locales, la quinzaine a été utilisée comme pas temporel de calcul de l'intensité de la remontée ; ce choix peut être contesté dans un milieu où la variabilité à haute fréquence des températures en surface est élevée, et un pas d'une semaine serait peut-être plus approprié.

La délimitation temporelle de la PSF et de la GSF se fait sur des critères arbitraires. Dans la plupart des situations, ce découpage se révèle adéquat. Aux stations qui présentent de forts indices, le découpage saisonnier est parfois imparfait, car la résurgence peut être observée sur de plus longues périodes. Dans ce cas, l'indice saisonnier est sous-évalué. On pourrait alors utiliser un indice global, intégrant en plus et en moins la différence à 26 °C, ce qui revient à mieux prendre en compte les situations de transition.

VARIABILITÉ SPATIO-TEMPORELLE

Les fluctuations interannuelles de l'indice d'activité de la résurgence ivoiro-ghanéenne sont importantes, et on observe une succession d'années aux caractéristiques différentes (1987 étant, en l'occurrence, une année très particulière). Cette variabilité semble être principalement liée aux variations d'intensité de la petite saison froide.

Cette dernière n'est réellement marquée qu'à Tabou et San Pedro, où l'on pourra définir une période de net refroidissement, et c'est pour cela que l'extrême ouest ivoirien présente de forts indices annuels. De Sassandra à Abidjan et face à Takoradi, la résurgence est présente en janvier et février, mais beaucoup moins active qu'à l'ouest de Sassandra. À Assinie, et le long du littoral ghanéen (à l'exception notable de Takoradi), on est en présence de brefs épisodes froids, généralement peu intenses. L'ensemble géographique du cap des Trois-Pointes (d'Axim à Takoradi, au sens large) montre donc, sur une courte distance, une très forte diversité hydrologique.

Chronologiquement, et sur la seule GSF, on peut distinguer certaines années où la résurgence est particulièrement active (1971-1972 et 1976 au Ghana, 1978 et 1982 sur l'ensemble de la région) ou particulièrement faible (1973-1974 au Ghana, 1979 et 1987 sur tout le littoral). Mais la variabilité spatio-temporelle est très importante et il est difficile d'établir des regroupements de séquences ou de portions de côte.

CARACTÈRE « COMPOSITE » DE LA RÉSURGENCE IVOIRO-GHANÉENNE

Le déclenchement et le maintien plusieurs semaines durant de la remontée côtière ivoiro-ghanéenne sont liés à un ensemble de facteurs qui en font un phénomène original (PICAUT, 1983 ; COLIN, 1988). Mais des particularités géographiques ou périodiques peuvent considérablement renforcer l'activité de la résurgence. Deux discontinuités majeures dans la direction du littoral ivoiro-ghanéen (cap des Palmes et cap des Trois-Pointes) vont ainsi favoriser l'induction de la remontée côtière ou en accroître l'intensité. Ce phénomène est ici accentué sur le côté oriental du cap, lorsque la côte prend une orientation WSW-ENE. En effet, COLIN *et al.*, dans cet ouvrage, signalent qu'au début de la GSF, et pour la durée de cette période, les vents à la côte passent du secteur sud-ouest à l'ouest-sud-ouest, ce qui renforce l'action du vent sur ces portions de littoral, et donc l'effet de cap. Lorsque ces phénomènes ne peuvent se manifester (globalement de Fresco à Assinie et de Winneba à Keta), la remontée n'est intense qu'au cours de la GSF. En outre, l'accélération du courant de Guinée (nette à partir du mois de mai, COLIN, 1988) et une légère rotation du vent rendant sa direction parallèle à la côte entre juin et septembre vont également concourir à l'augmentation locale de l'intensité de la remontée.

L'intensité minimale de la résurgence observée face à Axim (résurgence minimale) correspond, en négatif, aux conséquences de ces deux facteurs. Cette côte est en effet orientée NW-SE : en raison du transit W-E du courant de Guinée, il y a accumulation d'eau à la côte, et ce facteur va considérablement limiter l'activité de la résurgence (MARCHAL et PICAUT, 1977). D'autres facteurs (hauteur de la thermocline, largeur du plateau continental, présence d'un canyon sous-marin, courants et sous-courants saisonniers sur le plateau continental, débouché temporaire d'un fleuve important...) peuvent également influencer sur l'intensité locale de la remontée.

Conclusion

Si l'intensité de la résurgence côtière ivoiro-ghanéenne n'est en rien comparable à celle des remontées de l'ensemble Maroc-Mauritanie ou de l'Angola, ce phénomène est d'une grande importance écologique pour le milieu néritique de la partie centrale du golfe de Guinée. Régulière et saisonnière, la résurgence participe en effet à l'enrichissement de la masse d'eau dans un secteur plutôt oligotrophe.

L'activité de la résurgence paraît nettement augmentée là où d'autres facteurs (vents favorables, effet de cap) peuvent favoriser le mouvement ascendant de la masse d'eau. La présence (de Tabou à Sassandra et à Takoradi) ou l'absence (de Fresco au cap des Trois-Pointes, et de Winneba à Keta) de ces facteurs permettent donc de différencier un littoral où la remontée est intense (indices élevés, PSF marquée) et un littoral où l'activité est plus limitée, voire très faible (Axim). Il ne semble pas exister de relation entre l'importance des deux épisodes froids dans une même année, sauf à Tabou et à Sassandra.

RÉFÉRENCES

- ARFI (R.), 1987.— Variabilité interannuelle de l'hydrologie d'une région d'upwelling (bouée Bayadère, cap Blanc, Mauritanie). *Oceanol. Acta*, 10(2) : 151-159.
- BAKUN (A.), 1978.— Guinea Current upwelling. *Nature*, 271 : 147-150.
- BINET, (D.), 1983.— Influence des variations climatiques sur la pêcherie des *Sardinella aurita* ivoiro-ghanéennes : relation sécheresse-surpêche. *Oceanol. Acta*, 5(4) : 443-452.
- COLIN (C.), 1988.— Coastal upwelling events in front of the Ivory Coast during the FOCAL program. *Oceanol. Acta*, 10(2) : 125-138.
- CURY (P.) et ROY (C.), 1987.— Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire: une approche globale. *Oceanol. Acta*, 10(3) : 347-357.
- FRU/CRO/ORSTOM, 1976.— Rapport du groupe de travail sur la sardinelle (*S. aurita*) des côtes ivoiro-ghanéennes, Abidjan, 28 juin - 3 juillet 1976, 62 p.
- HERBLAND (A.), LE BORGNE (R.), LE BOUTEILLER (A.), VOITURIEZ (B.), 1983.— Structure hydrologique et production primaire dans l'Atlantique tropical oriental. *Océanogr. trop.*, 18(2) : 249-293.
- MARCHAL (E.G.) et PICAUT (J.), 1977.— Répartition et abondance évaluées par échantillonnage des poissons du plateau ivoiro-ghanéen en relation avec les upwellings locaux. *J. Rech. océanogr.*, 2(4) : 39-57.
- MORLIÈRE (A.), 1970.— Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(2) : 1-15.
- MORLIÈRE (A.) et REBERT (J.P.), 1972.— Étude hydrologique du plateau continental ivoirien. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 3(2) : 1-30.
- PICAUT (J.), 1983.— Propagation of the seasonal upwelling in the eastern equatorial Atlantic. *J. Phys. oceanogr.*, 13 : 18-37.
- PORTOLANO (P.), 1986.— Analyse des séries vents-températures de la mer en surface, le long des côtes sénégalaises. *Océanogr. trop.* 21(2) : 205-227.
- VARLET (F.), 1958.— Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan (Côte-d'Ivoire). *Études Éburn.* (IFAN), 7 : 97-222.
- VERSTRAETE (J.M.), 1970.— Étude quantitative de l'upwelling sur le plateau continental ivoirien. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, 1(3) : 1-17.
- WOOSTER (W.S.), BAKUN (A.), MC LAIN (D.R.), 1976.— The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the North Atlantic. *J. Mar. Res.*, 34 : 131-141.