

Royaume du MAROC

OFFICE NATIONAL DES PECHES

Juillet 1976

BULLETIN DE L'INSTITUT  
DES PECHES MARITIMES

N° 22

LES REMONTEES D'EAU  
(UPWELLING) ET LEUR INFLUENCE  
SUR LA PRODUCTION PELAGIQUE  
DES COTES ATLANTIQUES  
DU MAROC <sup>(1)</sup>

par  
Alain THIRIOT <sup>(2)</sup> †

A la suite du symposium sur les ressources vivantes du plateau continental africain du détroit de Gibraltar au Cap Vert, qui s'est tenu à Ténériffe en 1968 il a été décidé un programme international d'étude de cette région.

En effet, la zone littorale, notamment devant le Maroc et la Mauritanie est caractérisée par une production biologique élevée. Une pêche

---

(1) Contribution n° 170 du Département scientifique du Centre Océanographique de Bretagne

(2) Station Zoologique, Villefranche-sur-Mer, 06.230 France

très intense s'y est développée, depuis quelques années : Céphalopodes, Crustacés, Poissons démersaux et principalement Poissons pélagiques (Sardine, Sardinelle, Maquereau,... Thon).

Cette richesse aux niveaux supérieurs du réseau alimentaire du domaine marin est due aux mécanismes successifs qui s'enchaînent depuis le phénomène météorologique initial : des vents dominants à orientation moyenne constante, les alizés.

L'eau superficielle entraînée par ces vents et déviée sous l'action de la force de Coriolis, est chassée de la bordure Est de l'Océan. Ceci provoque, en compensation, une remontée plus ou moins importante et continue d'eau subsuperficielle venant du large. Cette eau riche en sels nutritifs accumulés et non utilisés par le phytoplancton permet, lorsqu'elle se trouve de nouveau dans la zone euphotique, le développement de la production primaire et par là celui de l'ensemble des processus trophiques.

Une fois remontée en surface, cette masse d'eau est prise dans la circulation superficielle de cette région et ses caractéristiques évoluent sous l'action combinée des phénomènes météorologiques, physiques et biologiques.

Le programme d'étude CINECA (Cooperative Investigations in the North of the Eastern part of the Central Atlantic) a plus précisément défini ses objectifs et leur stratégie lors de la deuxième session de son groupe d'organisation à Casablanca en mai 1971.

**Objectif 1** : Description de la région CINECA de 35° N à 10° N, entre la côte et environ 300 milles au large. Cette description devrait inclure les distributions des températures superficielles, des salinités, du phytoplancton, du zooplancton et des Poissons aux différentes saisons.

Ceci dans le but d'obtenir une connaissance générale de la dynamique du courant des Canaries et de sa richesse en organismes vivants, plus particulièrement de ses ressources exploitables.

Ce projet implique des campagnes à plusieurs bateaux assurant une analyse quasi synoptique de l'ensemble de la région et utilisant des méthodes standardisées depuis l'hydrologie jusqu'à l'évaluation des bancs de Poissons par écho sondeur.

*La première campagne de ce type a eu lieu en février-mars 1973.*

**Objectif 2** : Analyse du phénomène de remontée d'eau et de ses conséquences biologiques :

— Compréhension des mécanismes impliqués dans le mouvement ascendant des eaux et de la variabilité dans le temps et dans l'espace ;

— Compréhension des interrelations existant entre le contenu chimique et les processus biologiques dans les eaux remontantes et les eaux remontées ;

— Connaissance de l'incidence de la productivité biologique des zones de remontées d'eau sur les pêcheries côtières et du large.

Ces recherches peuvent se faire par un petit nombre de navires océanographiques ou un navire isolé, de préférence assistés par des avions, opérant dans des zones proches de la côte. Comme pour l'objectif précédent, une bonne standardisation des méthodes est indispensable.

Les campagnes du Jean Charcot s'inscrivent toutes dans ce deuxième objectif.

Le projet CINECA est patronné par la Commission Océanographique Internationale (C.O.I.) de l'UNESCO et le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (C.I.E.M.).

Le Centre Océanographique de Bretagne a organisé trois campagnes dans la partie marocaine de la région concernée par le programme CINECA :

- CINECA-CHARCOT I : 22 janvier - 20 février 1971.
- CINECA-CHARCOT III : 5 juillet - 6 août 1972.
- CINECA-CHARCOT IV : 24 juillet - 15 août 1973.

La campagne CINECA-CHARCOT II (15 mars - 29 avril 1971) a été organisée par les responsables d'une R.C.P. du C.N.R.S. sous la direction de H.J. MINAS (Groupe Médiprod) en partie sur la côte du Maroc mais principalement devant la Mauritanie.

Les chercheurs du Centre Océanologique de Bretagne s'intéressent plus particulièrement aux premiers échelons animaux du domaine pélagique (zooplancton et micronecton) et se sont assurés la collaboration de différentes équipes dans les domaines de l'Océanographie physique, de l'Océanographie chimique et de l'étude du phytoplancton de façon à réaliser une analyse cohérente de la région envisagée et des divers phénomènes qui agissent au niveau de la production secondaire.

L'intensité des remontées d'eau au niveau du Maroc présente des variations saisonnières liées aux déplacements de l'anticyclone des Açores, situé plus au sud en janvier qu'en été, les remontées d'eau sont par suite minimales en début d'année, maximales en été et en automne.

A partir du schéma théorique, tout accident, que ce soit dans l'orientation de la côte et la dynamique locale des courants, la largeur du plateau continental et l'existence de vallées sous-marines et même les chaînes montagneuses proches du rivage, intervient. Ainsi, au lieu d'avoir une bande homogène d'eau froide le long de la côte, on observe des taches, des langues ou des panaches plus ou moins bien localisés et plus ou moins permanents.

Des travaux antérieurs, notamment ceux de FURNESTIN M. L. publiés en 1957 et FURNESTIN J. publiés en 1959, avaient mis en évidence et analysé ces remontées d'eau en particulier entre Safi et le Cap Juby.

La première campagne que nous avons réalisée a consisté essentiellement en une prospection de la région marocaine le long de la côte de Casablanca au Cap Juby et vers le large sur plus de 100 milles jusqu'au banc de Conception et aux Iles Canaries.

Cette prospection nous a permis d'analyser la structure hydrologique des couches superficielles et leur circulation, mettant en évidence un apport général venant du nord et un autre venant de l'ouest et du sud-ouest entre Lanzarote et le banc de Conception et, par ailleurs, un minimum thermique côtier lié à l'upwelling. On observe successivement en structure verticale au large depuis la surface : les eaux centrales nord atlantiques, de l'eau intermédiaire où est décelée une faible influence des eaux antarctiques, des eaux d'origine méditerranéenne et les eaux profondes atlantiques.

C'est au niveau du Cap Sim que la structure verticale des isothermes indique la remontée d'eau la plus nette, remontée de 150 m décelable dès le début du mois de janvier. Par la suite, le phénomène s'intensifie et un véritable front thermique apparaît en février parallèlement à la côte jusqu'au cap Dra. Au mois de mars la situation est à peu près la même.

Cet enrichissement des eaux côtières n'agit que faiblement sur la production planctonique, les biomasses phytoplanctonique et zooplanctonique demeurent relativement faibles et c'est au large que l'on observe encore les rapports production-chlorophylle  $a$  les plus élevés par suite de la plus grande clarté des eaux, l'énergie lumineuse incidente restant à cette époque le facteur le plus important.

Cependant, en fin de campagne (mi-février) des valeurs de sursaturation d'oxygène dissous, près de la côte entre le cap Dra et le cap Sim, indiquent une production primaire plus intense qu'en janvier.

La campagne de 1972 a été effectuée en juillet, à une époque où le phénomène de remontée d'eau est plus marqué et les productions phytoplanctonique et zooplanctonique plus élevées. La phase de prospection a été réduite à la recherche et à la localisation des zones les plus intéressantes, la seconde moitié de la campagne a été réservée à une étude plus approfondie des caractéristiques physiques, chimiques, et biologiques et de leur variabilité en plusieurs points (courantométrie, mesures répétées des paramètres principaux, expériences de production primaire *in situ*, distribution des populations zooplanctoniques et micro-nectoniques, variations nycthémerales, évaluation de taux d'activités physiologiques des principales espèces). Une expérience de bouée dérivante, placée devant le cap Tafelneh, compléta les deux observations faites par le groupe Mediproduct au cours de la campagne CINECA-CHARCOT II et permit d'apprécier les directions et vitesses des courants dans cette région.

C'est tout naturellement la zone néritique qui a été l'objet de l'investigation maximale, les mesures au large ayant essentiellement pour but de rattacher les caractéristiques de la région étudiée à la circulation générale, d'estimer l'importance des remontées d'eau et leur devenir.

Les températures de surface les plus basses se trouvent entre le Cap Sim et le Cap Ghir (voisines de 15°, températures qui au large se situent aux environs de 200 m), alors qu'au nord et au sud elles sont supérieures à 19°. Dans cette région on observe une langue d'eau froide orientée N.E.-S.W. à partir du cap Tafelneh et des taches près de la côte mais qui semblent moins permanentes.

Au sud, au niveau d'Ifni, les eaux de remontée n'atteignent pas la surface, une thermocline très marquée entre 10 et 20 m sépare une eau superficielle chaude de ces eaux froides. On peut distinguer deux catégories dans ces eaux froides : la première provenant du large, la seconde localisée sur le fond plus près de la côte, correspondant à des eaux de remontée ayant subi un recyclage important en sels nutritifs.

La prospection en continu de la teneur en chlorophylle *a* (quantité de phytoplancton) des eaux de surface, aboutit à des tracés très voisins de ceux des isothermes, la zone riche est centrée sur le cap Tafelneh, mais les plus fortes valeurs se trouvent en profondeur dans la zone sud au niveau de la thermocline.

La biomasse zooplanctonique est nettement la plus élevée dans la zone néritique comprise entre le cap Tafelneh et le cap Ghir, les populations de la partie sud étant constituées surtout d'Acanthaires qui représentent vraisemblablement une fin de réseau trophique, de même qu'une forte concentration de Noctiluques trouvée entre le Cap Sim et le Cap Tafelneh.

En zone océanique, le plancton est généralement pauvre ; on observe cependant quelques exceptions : des concentrations d'Euphausiacés en bordure du plateau continental du cap Sim au cap Ghir et quelques stations relativement riches, notamment en espèces zooplanctoniques carnivores, dans le prolongement de la langue d'eau froide du cap Tafelneh. Ces stations correspondant à une avancée des eaux de caractéristiques intermédiaires entre les eaux du large et les eaux côtières dans le S.W. du cap Ghir.

Par ailleurs des prélèvements benthiques ont été effectués, essentiellement en zone néritique, dans la partie nord et dans la partie sud de la région étudiée. L'analyse de ces prélèvements, de la faune et du microphytobenthos devrait apporter des éléments complémentaires dans la différenciation des deux zones, sur le rôle des bancs dans les courants locaux de la partie nord et sur l'influence des remontées d'eau au niveau de la répartition bathymétrique de certaines espèces.

La campagne de 1973 a eu lieu à la même époque et dans la même région que celle de 1972. Nous nous sommes efforcés, dans la mesure des connaissances acquises, de diminuer au maximum les opé-

rations de prospection régionale au bénéfice de mesures répétées à des stations de longue durée et des prospections locales dans cinq zones de structures hydrologiques et biologiques différentes.

Les équipes embarquées se sont groupées essentiellement autour de deux thèmes principaux :

- la production secondaire du plancton, les mécanismes et les réponses écologiques et physiologiques liés au phénomène de remontée d'eau (mesures in situ et en laboratoire), les transferts de la matière (en particulier l'azote) au sein du réseau trophique pélagique ;
- l'évaluation quantitative et qualitative, les caractères de variabilité des principaux facteurs du milieu, météorologiques, physiques, chimiques et biologiques, notamment de part et d'autre des gradients horizontaux les plus marqués.

Une première phase de prospection de trois jours et demi nous a permis de cartographier les principaux paramètres dans la région comprise entre Mazagan et Agadir sur une distance d'environ 30 milles de la côte. Nous avons retrouvé les caractéristiques générales observées en 1972 dans cette région, soit :

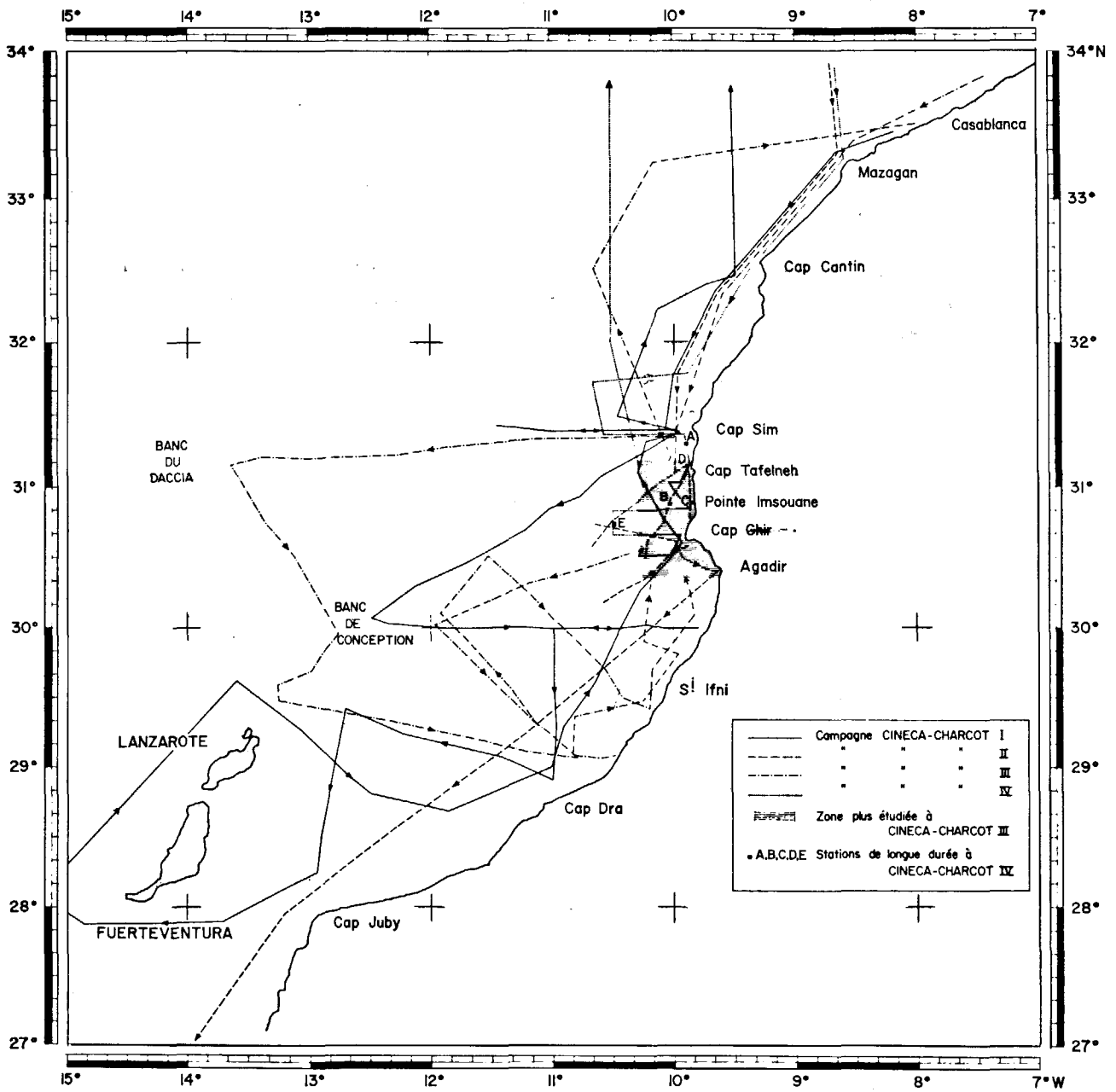
- la localisation des eaux superficielles les plus froides (inférieures à 16°) près de la côte entre le cap Cantin et le cap Tafelneh ;
- au nord à la latitude de Casablanca la température de l'eau est supérieure à 20° et on note deux gradients relativement marqués, le premier au sud du cap Blanc (20° à 18°) et le second au sud du cap Cantin (18° à 16°) ;
- au sud, un système de contre-courant local provoque la formation, le long de la côte, d'une zone d'eau chaude en surface (supérieure à 20°) avec une thermocline très marquée ;
- vers le large, les isothermes s'écartent de la côte à partir du cap Sim et on observe l'existence d'une langue d'eau froide orientée N.E.-S.W. depuis le cap Tafelneh, mais d'une façon moins nette que l'année précédente.

Les valeurs de concentrations en sels nutritifs et en chlorophylle *a* correspondent à cette répartition des températures.

Les gradients les plus nets et qui traduisent le plus rapidement les variations locales du phénomène de remontée d'eau se situent au niveau de la pointe d'ImSouane entre les eaux chaudes et épuisées en sels nutritifs à la surface près de la côte, les eaux froides intermédiaires et les eaux réchauffées du large. De plus, c'est à ce niveau que, par suite de la présence d'un canyon sous-marin, les fonds supérieurs à 200 m sont les plus proches de la côte.

C'est le long de cette radiale que nous avons porté l'effort maximal

Aux stations de longue durée les opérations effectuées peuvent être classées en trois catégories :



- les stations standards de référence, répétées toutes les six heures ;
- les mesures et prélèvements au point de référence ;
- les mesures et prélèvements à courte distance du point de référence.

C'est sur l'étude du zooplancton et de la production secondaire que nous avons insisté plus particulièrement.

Les critères de choix des cinq zones ont été les suivants :

- zone A, proximité des eaux les plus froides observées pendant la prospection préliminaire, situation voisine d'une zone de remontée ;
- zone B, proximité du plus fort gradient de surface, situation dans la langue d'eau froide ;
- zone C, deuxième extrémité de la radiale du plus fort gradient horizontal eau de surface chaude et épuisée, existence d'un fort gradient vertical ;
- zone D, situation de remontée d'eau proche du cap Tafelneh choisie pour vérifier si l'établissement de vents forts pendant plusieurs jours aboutissait à la formation de la source d'eau froide observée dans cette région l'année précédente ;
- zone E, zone océanique la plus proche de la côte et des eaux froides, riche en zooplancton et en Euphausiacés.

Une des différences les plus nettes avec la campagne de l'année précédente correspond aux conditions météorologiques et plus particulièrement à la force et à la fréquence des vents de secteur nord. En effet, au lieu du rythme quotidien plus ou moins régulier observé en 1972, présentant des accalmies le matin et dépassant 40 nœuds en fin de journée, nous avons eu en 1973 des coups de vents de trois à quatre jours séparés par des périodes calmes plus longues.

Les conséquences de ces variations sont directes et rapides sur les structures observées dans les zones choisies. A l'alternance de périodes calmes et de périodes de vents forts correspond respectivement l'établissement de gradients verticaux avec une eau chaude en surface et l'homogénéité verticale avec affleurement des eaux froides riches en sels nutritifs et l'existence d'eau rouge (zones C et D). Le système de remontée d'eau présente deux structures et nous avons pu suivre le passage d'une situation à l'autre près de la côte et le long de la radiale B-C. On peut également constater des modifications dans les systèmes de courants locaux tourbillonnaires au niveau des caps entraînant des déplacements des populations planctoniques.

La rapidité des transitions (de l'ordre de quelques heures) implique que la région étudiée est surtout soumise à des actions locales et que l'on peut raisonner, aux différents niveaux de l'écosystème, en négligeant les influences plus lointaines. Ceci est important pour un essai d'évaluation du bilan de la production.