

# 22 • Influence possible de la température sur les disponibilités locales et les déplacements de sardines du stock central marocain

SOUAD KIFANI et FRANCIS GOHIN  
IFREMER, Centre de Brest, DERO-AT, B.P.70, 29280 Plouzané, France

## RÉSUMÉ

La population centrale de sardines (cap Cantin - cap Juby) constitue le principal stock exploité par les flottilles marocaines basées à Safi, Essaouira, Agadir et Tan Tan depuis 1981. Le coeur de ce stock est localisé entre Sidi Ifni et le cap Juby. Au printemps ou en début d'été, sous l'influence des conditions hydroclimatiques entre le cap Cantin et le cap Ghir, une portion de ce stock migre vers cette région où elle est exploitée par les sardiniers de Safi, Essaouira et Agadir. Du fait de la faible autonomie de ces flottilles, l'exploitation de la sardine dépend de la disponibilité du poisson dans leur zone d'action. La cause de ces migrations est souvent attribuée à des raisons trophiques. L'upwelling entre le cap Cantin et le cap Ghir induit une eutrophisation de cette zone vers laquelle se déplacent les sardines. Cependant, l'effet possible de la température de l'eau sur le comportement migratoire des sardines n'est pas évident. A la lumière des résultats d'observations, à l'aide de données SST et de vents, de l'évolution du milieu au cours des années 1986 et 1987 et de l'analyse des données mensuelles de pêche (captures), des arguments sont avancés pour mettre en évidence le rôle probable joué par la température dans la modification de la répartition spatio-temporelle de la disponibilité. L'année 1987 étant plus chaude que 1986, du printemps à l'automne, selon l'hypothèse formulée, les sardines migrent plus intensément vers les poches d'eaux froides du nord. Ceci se traduit par des captures de Safi et Essaouira plus importantes en 1987, la disponibilité ayant augmenté dans la zone d'action des pêcheurs locaux.

## ABSTRACT

*The central sardine population (located between Cape Cantin and Cape Juby) is the main stock exploited by the Moroccan fleet based in Safi, Essaouira, Agadir and Tan Tan since 1981. The heart of this stock is located between Sidi Ifni and Cape Juby. During spring or at the beginning of summer, under the hydro-climatic conditions between Cape Cantin and Cape Ghir, a portion of this stock migrates towards this region and is then exploited by the seiners of Safi, Essaouira and Agadir. Due to the weak autonomy of these fleets, sardine exploitation depends on fish availability. These migrations are attributed to trophic reasons. The upwelling between Cape Cantin and Cape Ghir induces an eutrophisation of the area towards which sardines are moving. However, the possible effect of sea surface temperatures on sardine migratory behaviour is not obvious. Using sea surface temperature, wind data, evolution of the ecosystem between 1986 and 1987 and monthly mean fish statistics, some arguments are proposed to illustrate the effect of temperature on spatial and temporal fish availability. The year 1987 was warmer than 1986, during spring through autumn, according to the previous hypothesis, sardine migrates more intensely toward the North cold areas. As a consequence the catch in Safi and Essaouira are more important in 1987 due to an increase in fish availability.*

## INTRODUCTION

Parmi les espèces pélagiques colonisant la région d'upwelling marocaine, les clupéidés constituent l'un des principaux groupes. De nombreux travaux biologiques (Furnestin et Furnestin, 1970; Biaz, 1978; Belvèze, 1984) ont révélé l'existence de trois populations de sardines (*Sardina pilchardus* Walb.). La première est située entre le cap Spartel et Larache, une population saharienne s'étend du cap Bojador au cap Blanc de Mauritanie et, entre les deux, existe une troisième population séparée des deux autres par deux solutions de continuité variables selon la saison. Cette dernière s'étend du cap Cantin au cap Juby et forme une unité de stock animée d'une dynamique spatio-temporelle à plus ou moins grande échelle. Ce stock se concentre en automne-hiver entre Sidi Ifni et le cap Juby où s'effectue la reproduction.

La sardine représente la principale espèce pélagique capturée dans les quatre grands ports atlantiques marocains (Safi, Essaouira, Agadir et Tan Tan) exploitant la population centrale (fig.1). Jusqu'en 1982, l'activité des senneurs marocains se limitait à la zone comprise entre Safi et la baie d'Agadir: zone A (COPACE, 1978). La diminution des rendements depuis une dizaine d'années, notamment à Safi, a conduit au report d'une partie de l'effort de pêche vers le sud (Tan Tan): zone B (COPACE, 1978). La pêche traditionnelle est en effet tributaire du quota saisonnier qui migre annuellement à partir du sud.

En 1987, on a assisté à une reprise des débarquements sardiniens à Safi, mais les prises relativement modestes enregistrées à Agadir, pour la même année, ne permettent pas de penser que cette reprise soit due à une augmentation de la population globale. Nous pencherons donc vers l'hypothèse d'une autre répartition de la disponibilité. De nombreux travaux, effectués sur ce stock instable, ont mis l'accent sur les relations plus ou moins directes existant entre les systèmes physique et biologique (Furnestin, 1953; Belvèze, 1971; Belvèze *et al*, 1983; Belvèze, 1984). C'est dans les fluctuations du milieu, suivant en cela les hypothèses des auteurs précités, que nous allons rechercher l'origine de cette évolution.

## ENVIRONNEMENT HYDROCLIMATIQUE

Le littoral est-atlantique de 28°N à 33°N est inclus géographiquement dans le secteur d'oscillations saisonnières du système anticyclonique de l'Atlantique nord. Cet anticyclone est centré sur les Açores en été. Il perd en latitude tout en s'affaiblissant à la fin de l'automne. Il se localise alors au niveau des îles Canaries. Le balancement de ce système détermine celui des vents de secteur Nord-Est (alizés) qu'il engendre. Les alizés prennent naissance au-delà de 36°N en été et au sud du cap Juby en hiver. La contribution de ce régime éolien dans la dynamique des eaux de cette région est le phénomène d'upwelling qui anime la quasi-totalité des eaux du plateau continental nord-ouest africain. L'expression «upwelling» fait référence aux remontées

d'eaux froides d'origine profonde se produisant sous l'action mécanique du vent soufflant parallèlement à la côte. Les eaux résurgentes sont riches en sels minéraux, s'épuisant au fur et à mesure de leur extension vers le large.

## Répartition des upwellings

Ces remontées varient dans le temps mais également dans l'espace en fonction de l'orientation de la côte et de la topographie des fonds marins. Ainsi, dans le secteur de côte compris entre le cap Cantin et le cap Juby, l'upwelling se manifeste, en moyenne, entre le cap Cantin et le cap Ghir d'une part et entre Sidi Ifni et le cap Juby d'autre part. Ces deux zones de résurgences présentent toutefois des différences dans la distribution de leurs structures hydrologiques.

Du sud de la baie d'Agadir jusqu'au cap Juby, le plateau continental est relativement étendu. Les eaux de remontée n'apparaissent qu'épisodiquement en surface (Grall *et al*, 1974), Le Corre et Treguer (1976) et Minas *et al* (1982) ont mis en évidence trois strates hydrologiques correspondant à différents niveaux de production. La strate superficielle, peu épaisse, pauvre en sels minéraux et en pigments chlorophylliens, présente des températures élevées. La strate intermédiaire montre un fort gradient en température et en sels nutritifs et correspond au maximum de teneur en chlorophylle. Enfin, la couche la plus profonde forme, sur le plateau continental, des poches d'eaux froides à concentrations élevées en sels minéraux mais pauvres en chlorophylle. Les fortes teneurs observées à ce niveau sont le résultat d'un recyclage permanent des sels nutritifs (fig.2).

Par ailleurs, dans le secteur cap Sim-cap Ghir, l'upwelling est tributaire, parallèlement au régime général des alizés, des vents locaux de la région du cap Ghir. Ces derniers provoquent un phénomène de pulsations augmentant la force et la variabilité des vents dans ce secteur (Richebe, 1980; Belvèze, 1984). L'impact de ces vents se traduit par une périodicité de l'upwelling et de la stratification. Contrairement à celles de l'upwelling du sud, les eaux de remontée atteignent la surface et la stratification verticale est homogène (fig.3).

Bien que les eaux de remontée soient, au niveau des deux zones, des Eaux Centrales Nord Atlantiques (ECNA), les phénomènes de pulsations (au nord) et de régénération (au sud) les placent à un niveau de production photosynthétique très important.

## FLUCTUATIONS HYDROCLIMATIQUES OBSERVÉES EN 1986 ET 1987 ET IMPACT SUR LES CAPTURES

### Evolution des structures thermiques

Nous avons effectué un suivi de l'évolution des structures hydrologiques dans la zone 21°N-36°N au cours des années 1986 et 1987. Les moyens utilisés sont les données issues du satellite météorologique NOAA 9 qui proviennent du Centre de Météorologie Spatiale de Lannion. Ces données sont calibrées avec les tempéra-

Fig. 1

Situation géographique des localités ou des caps de la côte nord-ouest africaine mentionnés dans le texte.

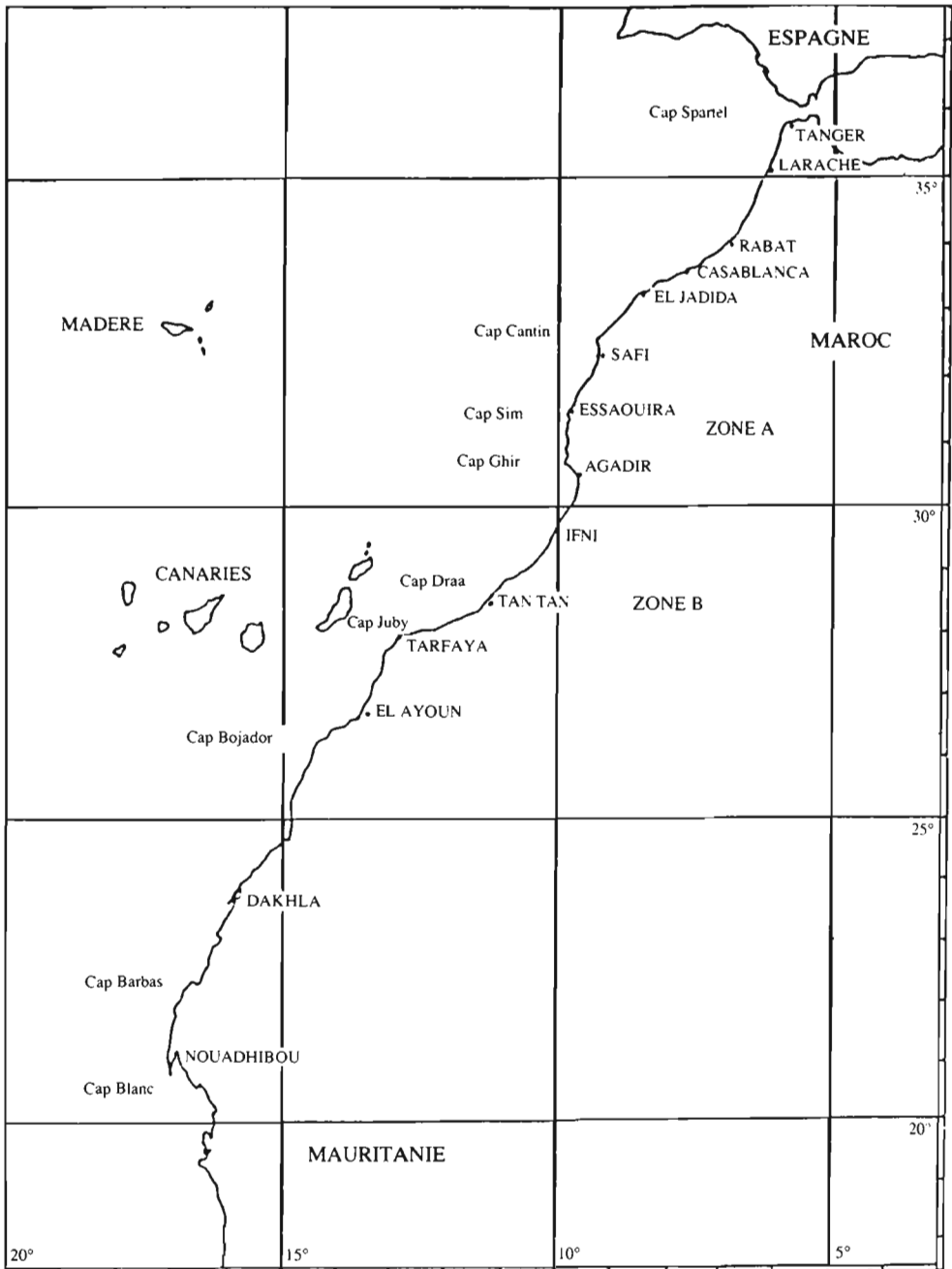


Fig. 2

Distribution verticale de la température et des nitrates entre Sidi Ifni et le Cap Juby (source: Le Corre et Treguer, 1976).

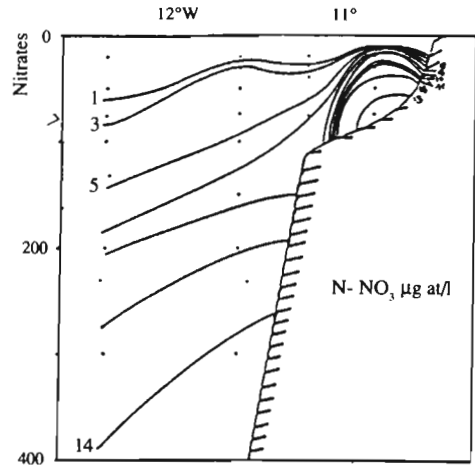
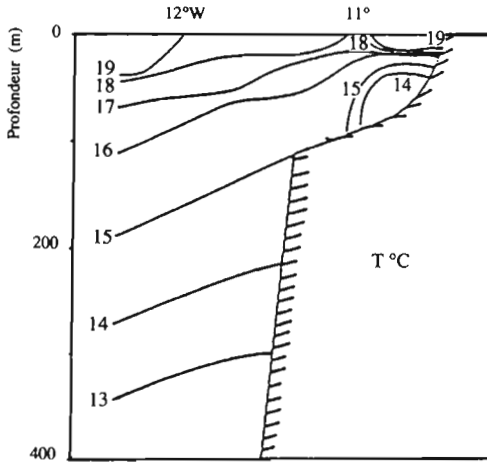
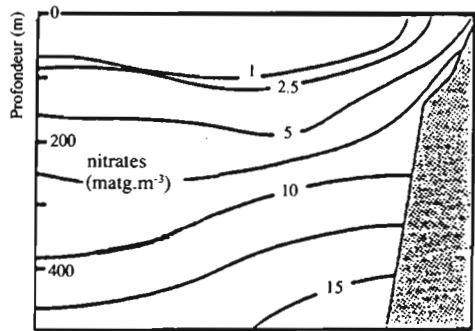
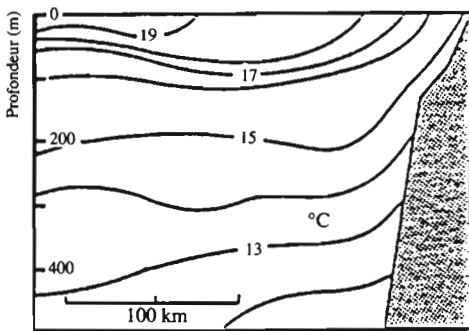


Fig. 3

Distribution verticale de la température et des nitrates entre le cap Cantin et le cap Ghir (source: Jacques et Treguer, 1986).



tures de surface relevées par les navires marchands collaborant au système mondial de transmission, et sont obtenues auprès du service PREVIMAR de la météorologie nationale. Après correction géométrique et élimination des informations nuageuses ou douteuses (présence de brume ou de vent de sable), les images sont calibrées à l'aide de données in-situ de dates proches (moins de trois jours). Une interpolation par une méthode d'analyse objective dite du krigeage (Gohin, 1987) est ensuite effectuée pour combler les espaces non informés. Les isothermes sont ensuite tracées automatiquement.

Afin de s'en tenir aux faits essentiels, une série composée de six cartes de trois observations mensuelles relatives aux deux années 1986 et 1987 a été sélectionnée (annexes 1 à 6). Il ressort de l'expérience acquise durant la période étudiée que la variabilité de la température de surface peut être analysée à trois niveaux.

- Variabilité basse-fréquence: ayant constaté qu'il existait des tendances climatiques annuelles sur la zone, l'expression basse-fréquence fait référence aux variabilités inter-annuelles. Cette échelle prend en compte une part significative de l'évolution du phénomène thermique. Ainsi, les températures de surface de l'année 1987 sont plus élevées que celles de l'année 1986;

- Variabilité moyenne-fréquence: des allures mensuelles voire trimestrielles, des champs thermiques de surface permettent de distinguer des positions caractéristiques de l'upwelling. Les structures thermiques révélatrices de remontées d'eaux au nord du cap Ghir sont plus septentrionales et plus contrastées en 1987 qu'en 1986. On note surtout un réchauffement relativement précoce, à partir du mois d'avril 1987, dans le secteur sud;

- Variabilité haute-fréquence: due essentiellement à la variabilité du vent sur de courtes périodes, de l'ordre de la journée, elle est difficile à apprécier. Elle ne pourrait être évaluée qu'à partir d'une comparaison d'images quotidiennes. A cette échelle de variabilité, il est illusoire d'espérer tirer une information significative des observations provenant des navires marchands. On peut donc, en pratique, n'utiliser que les observations de télédétection. Malheureusement, il existe très peu de séries estivales d'images claires. Lorsqu'une telle série existe, il est légitime de mettre en cause le caractère général des conclusions qui peuvent en être tirées. En effet, une situation claire et stable n'est pas située dans un contexte climatique ordinaire. Or, ce dernier régit le vent à l'origine des fluctuations de l'upwelling. Cette échelle de variabilité ne sera donc pas prise en compte. Plus important l'été que l'hiver, l'effet du vent s'additionne à la variabilité des structures en profondeur et demeure un facteur d'incertitude sans être un obstacle majeur.

#### *Evolutions inter et intra-annuelles des captures*

Nous avons mentionné précédemment la migration d'une fraction du stock central de sardines, du secteur Sidi Ifni - cap Juby, où celles-ci se reproduisent princi-

palement en hiver, vers la région d'Agadir au printemps, et au nord (Safi et Essaouira) à la fin de cette saison ou au début de l'été. Ces migrations se reflètent au fur et à mesure par un accroissement des captures d'Agadir, Essaouira puis Safi.

En 1987, les prises réalisées dans la zone traditionnelle de pêche sont comparables, en tonnage annuel, à celles de 1986. Toutefois, les deux années s'opposent quant à la localisation de leurs captures (annexes 1 à 6 et fig. 4). Pour une part importante, celles de 1987 sont issues des ports du nord, de Safi et, dans une moindre mesure, d'Essaouira. La saison de pêche est relativement plus précoce à Safi et Essaouira en 1987 (fig. 4 et 5). Les prises sont déjà importantes à partir d'avril, notamment à Safi. A Agadir les deux années présentent une certaine similitude quant au début de leur saison de pêche. Cependant, si le schéma de l'évolution des captures de ce port en 1986 correspond à celui d'une année moyenne (fig. 5), la décroissance constatée à partir du mois de mai 1987, bien qu'irrégulière, donne matière à réflexion.

Les prises de sardines au port de Tan Tan sont plus tardives qu'au nord et moins importantes la seconde année (fig. 6). Cette diminution est imputable à la réduction de l'activité des sardiniers du nord, notamment ceux de Safi, qui ne ressentent pas le besoin de quitter leur zone d'action traditionnelle où la sardine abonde.

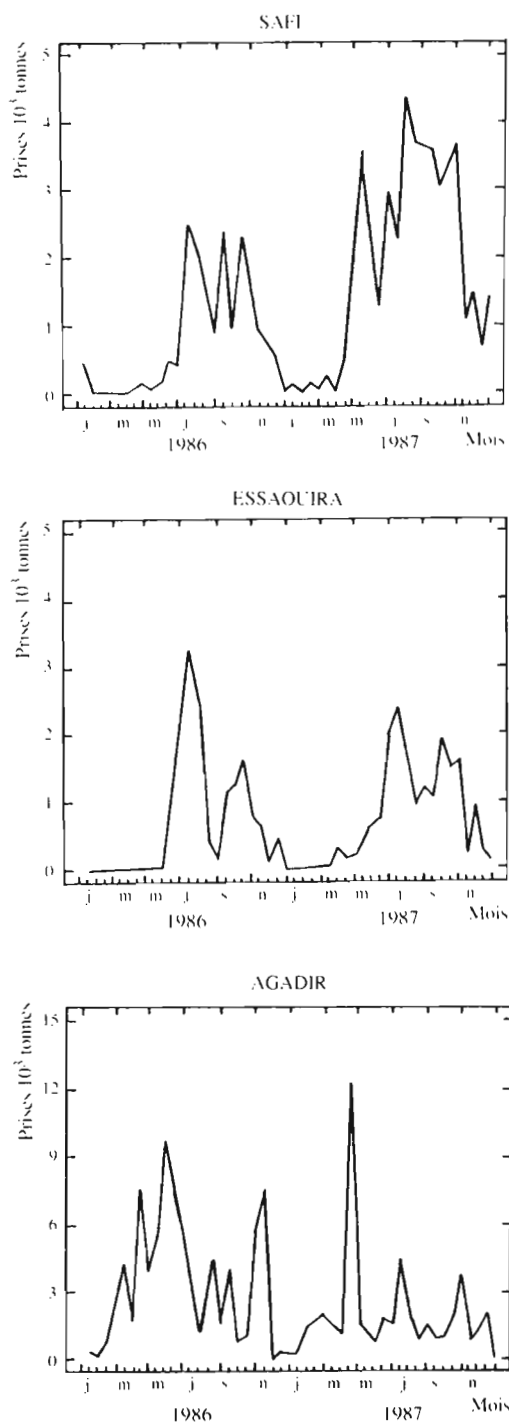
Bien qu'il soit généralement admis en dynamique des populations que l'évolution des captures ne reflète pas réellement la densité du poisson dans la zone de pêche, notre analyse portera cependant sur ce paramètre. Les raisons qui suivent justifient notre attitude.

Le rayon d'action limité des flottilles opérant à partir des différents ports ne leur permet pas de rechercher le poisson plus longtemps que la durée d'une marée. Il nous a été donné de constater en suivant les captures journalières que le nombre de sorties suivait les fluctuations des prises. Un nombre important d'armateurs, par souci de rentabilité, préfère attendre que les unités effectuant des marées régulières aient ramené du poisson avant de faire sortir leurs bateaux. Il semble donc que l'effort de pêche suive les fluctuations de l'abondance locale. Si les captures d'un port restent basses pendant une saison ou même pendant une ou plusieurs années, une partie de l'effort de ce port migrera (dans des limites imposées par l'écoulement du produit de la pêche) vers d'autres ports où la pêche est plus fructueuse. Cette stratégie de report d'effort peut présenter l'inconvénient d'une stabilisation des captures par unité d'effort. C'est ainsi qu'entre 1986 et 1987, l'effort global n'a pas connu d'évolution; en revanche, les efforts locaux ont relativement varié notamment à Tan Tan, Safi et Agadir.

Une étude plus approfondie de la dynamique spatio-temporelle (à plus ou moins court terme) pendant ces deux années serait nécessaire avant de pouvoir utiliser les rendements en terme de capture par unité d'effort comme indice de la disponibilité.

Fig. 4

Captures de sardines par quinze jours à Safi, Essaouira et Agadir en 1986 et 1987.



## INTERPRÉTATION ET DISCUSSION

Le pourquoi de la dynamique de ce stock, bien qu'ayant été étudiée précédemment (Furnestin, 1953 ; Furnestin et Furnestin, 1970 ; Belvèze et Erzini, 1983 ; Belvèze, 1984) est encore hypothétique. S'il est admis que l'éthologie de la sardine est régie par son milieu, il est encore difficile de comprendre le déterminisme précis de ses migrations et de reconnaître quel(s) est(sont) le(s) paramètre(s) qui conditionne(nt) le plus son comportement. Dans la littérature, la primauté va souvent soit à une causalité trophique ou à la recherche d'un *preferendum* thermique. Binet (1988) a constaté que les déplacements des sardines dans la zone 21°N-26°N sont synchrones avec les maxima planctoniques. Nehring et Holzlohner (1982) ont observé qu'entre 21°N et 25°N les concentrations de sardines sont toujours supérieures dans les zones riches en chlorophylle. Les variations journalières des concentrations en chlorophylle *a* se traduisent par des variations des captures par unité d'effort. L'analyse comparée des images du satellite NIMBUS 7, de mai 1983 et avril 1984, et des cartes de distribution de sardines sont surtout évidentes au sud de 25°N (Nykjeer *et al.*, 1986). Belvèze *et al.* (1983) et Belvèze (1984) pensent toutefois que les migrations estivales de la sardine de la zone Sidi Ifni-cap Juby vers le nord, sont conditionnées par une attirance trophique. Les variations du signal saisonnier provoquant la productivité entraînent des variations de disponibilité de la sardine. Cependant, on s'explique mal comment un signal hydroclimatique se produisant hors de la zone de concentration du stock (Sidi Ifni-cap Juby) peut déclencher ce phénomène de migration vers le nord. L'idée d'assimiler ces déplacements à une dilatation du stock semblerait plus cohérente dans ce cas. La sardine étant une espèce à stratégie démographique de type *r* (Fréon, 1988), elle tend à occuper toutes les strates spatio-temporelles propices à satisfaire ses exigences écologiques. Donc, de bonnes conditions hydroclimatiques au nord devraient entraîner une extension plus importante du stock.

La sardine est préférentiellement zooplanctonophage. Toutefois, Nieland (1980) a souligné que la sardine pouvait être phytoplanctonophage pendant les périodes d'*upwelling* et zooplanctonophage en dehors. Ceci découlerait du caractère opportuniste de cette espèce capable d'adapter son système de filtration aux deux types de nourriture (Andreu, 1969 ; Fréon, 1988). Par ailleurs, Mathisen *et al.* (1978) pensent que la nourriture n'interviendrait de façon déterminante qu'au niveau des phases larvaires. Cette remarque rejoint les hypothèses de Roy *et al.* (1989) explicatives de la raison probable pour laquelle la sardine adulte quitte la zone cap Cantin-cap Ghir en automne, saison pendant laquelle elle peut disposer d'une nourriture plus riche (zooplancton), pour se concentrer dans la zone Sidi Ifni-cap Juby où s'effectue la reproduction en hiver. Pour ces auteurs, la stratégie de reproduction de cette espèce se fait de manière à assurer une meilleure survie des larves. La zone Sidi Ifni-cap Juby constitue alors un milieu favorable à la

Fig. 5

Captures moyennes mensuelles de 1968 à 1987 à Agadir et à Safi et Essaouira regroupées.

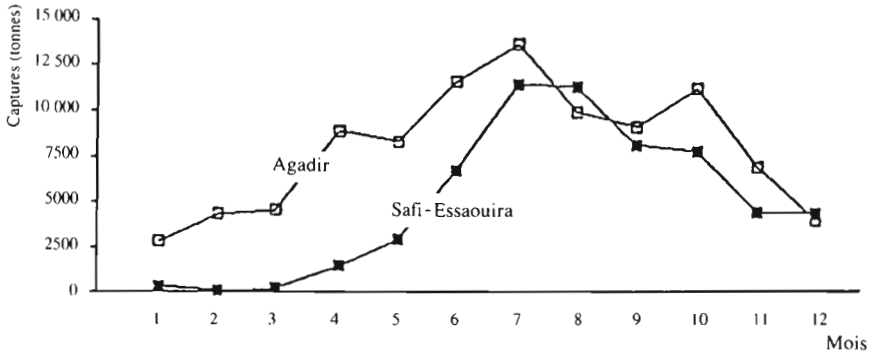
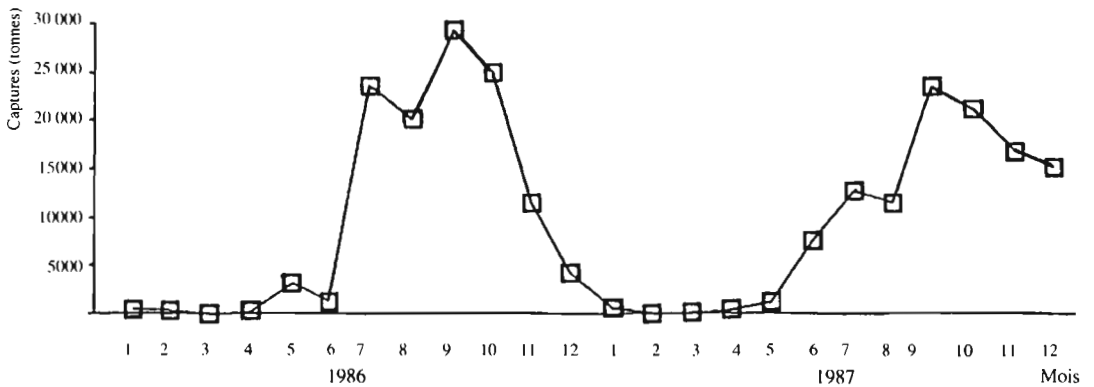


Fig. 6

Captures mensuelles réalisées à Tan Tan en 1986 et 1987.



survie des larves, aussi bien en apport énergétique (zooplancton) que pour ce qui est de la stabilité du milieu.

Toutefois, pour Furnestin et Furnestin (1970), la biologie de la sardine marocaine, particulièrement en ce qui concerne ses migrations génétiques, est essentiellement conditionnée par des impératifs thermiques plutôt que par la recherche d'une nourriture de choix. Pour ces auteurs, les déplacements des sardines se font de manière à respecter les plages thermiques favorables à chaque écophase. En règle générale, cette espèce est inféodée, en moyenne, à des températures de 14°C à 20°C avec des optima de 16°C à 19°C pour les adultes (Fréon *et al.*, 1979) et de 19°C à 24°C pour les jeunes. Furnestin et Furnestin (1970) et Binet (1988) situent respectivement la ponte dans des marges thermiques optimales de 16°C à 18°C et de 15,5°C à 17,5°C.

Fréon (1988) souligne que le fait qu'on ne dispose, le plus souvent, que de données sur la température de surface de l'eau, nous pousse peut-être à une interprétation abusive des réactions du stock en terme de *preferendum* thermique, alors que la température n'est peut-être que l'indicateur de processus plus complexes. Toutefois, nous pensons avoir, avec l'exemple d'années aussi contrastées du point de vue thermique (1986 et 1987), un élément de réponse à une influence probable de la température sur la dynamique du stock central de sardines.

Si on admet que des causes trophiques conditionnent le déplacement de la sardine, la température contribue probablement au déclenchement du processus et ce, dans la mesure où l'intensification du réchauffement dans la zone de concentration du stock peut stimuler la migration en l'avançant dans le temps et en augmentant les déplacements vers le nord. Dans ce sens, Lee (1961) a observé, dans le cas des sardines du golfe du Lion, que les bancs désertent massivement la zone siége d'une variation hydrologique forte et rapide et rejoignent des zones plus propices. Par contre, si les eaux chaudes envahissent peu à peu la totalité de l'aire de pêche, les sardines ne quittent pas celle-ci aussi brutalement mais la pêche diminue. L'arrivée massive des sardines en avril 1987 à Agadir, la précocité de l'augmentation de la température au sud et son maintien entre 19°C et 22°C accèdent l'idée selon laquelle un phénomène analogue s'est produit dans la région étudiée.

Alors qu'en 1986 les captures des ports du nord augmentaient progressivement, en 1987 Safi et Essaouira ont réalisé, dès le mois de mai, de bonnes prises. Les sardines se sont retrouvées très tôt dans la région de Safi et d'Essaouira et s'y sont maintenues jusqu'à la fin de l'automne. Nous avons d'abord pensé, pour expliquer ce fait, à une augmentation de l'intensité des alizés se reflétant sur la productivité. Cependant, il s'est avéré qu'en 1986 les vents étaient, en moyenne, relativement plus forts et mieux orientés qu'en 1987 (37° et 3,6 m.s<sup>-1</sup> en 1986 et 338° et 1,17 m.s<sup>-1</sup> en 1987). On peut donc penser qu'a priori, il ne s'agit pas d'un effet de l'augmentation de l'intensité de l'*upwelling*. Les constatations faites à partir des cartes de champs thermiques de

surface révèlent une contraction des isothermes à la côte en 1987. Ceci étant probablement le résultat de la conjonction d'une réduction de l'intensité de l'*upwelling* compensée par un réchauffement des eaux du large. Un gradient thermique côtier élevé peut avoir pour conséquence d'augmenter la capturabilité par concentration du poisson à la côte. Furnestin et Furnestin (1970) soulignent le fait que les sardines, tout en restant inféodées à des eaux correspondant à leur *preferendum* thermique, se tiennent à la limite de leur biotope où elles disposent de conditions de nourriture adéquates. Cette remarque rejoint celle de Lee (1961) qui a également observé des concentrations de sardines au niveau des zones à fort gradient thermique où la nourriture est abondante. Les captures importantes de Safi peuvent corroborer cette hypothèse. La position de ce port en marge des préférences thermiques de la sardine, rend les captures plus sensibles aux variabilités de la disponibilité du poisson. Yanez et Barbieri (1988) ont fait la même constatation quant au stock d'anchois du Chili. Les intrusions d'eaux chaudes subtropicales cantonnent le poisson dans des eaux d'*upwelling* affaibli, le rendant plus vulnérable.

D'autre part, la grève survenue à Agadir entre la fin du mois d'avril et le début du mois de juin 1987 entraînant un arrêt partiel de la pêche ne peut expliquer, à elle seule, la diminution des captures sardinières de ce port. Aussi a-t-on cherché une explication possible dans l'hydrologie de la baie d'Agadir (Furnestin, 1953 et Belvèze, 1972). Les cartes satellitaires montrent en effet que cette baie est baignée par des eaux chaudes pendant la presque totalité de l'année 1987, particulièrement en août et septembre, mois correspondant à la date de retour des sardines du nord. On peut donc trouver dans cette constatation une explication à la régression des prises à Agadir d'une part et au maintien tardif de celles-ci dans les ports du nord d'autre part.

## CONCLUSION

En 1987, on constate que les captures de sardines à Safi furent exceptionnellement élevées par référence à celles réalisées ces dernières années, alors qu'à Agadir on note une régression des captures. En même temps, l'hydrologie de la zone atlantique marocaine observée par l'imagerie satellitaire au cours des années 1986 et 1987, montre un changement inter-annuel remarquable: températures froides et gradient thermique faible au nord en 1986, températures élevées et gradient côtier important en 1987. Cette similitude entre les observations du milieu physique et les variations de captures nous a amené à conclure que si les besoins trophiques régissent le sens général du déplacement, l'intensité de ces migrations serait soumise, au premier chef, à l'évolution de la température absolue au sud. Les captures au nord seraient proportionnelles, non seulement aux conditions nutritives, du moins à court terme, mais également à l'importance de la part du stock ayant migré et à sa concentration dans des zones correspondant à des exigences écologiques relativement strictes.



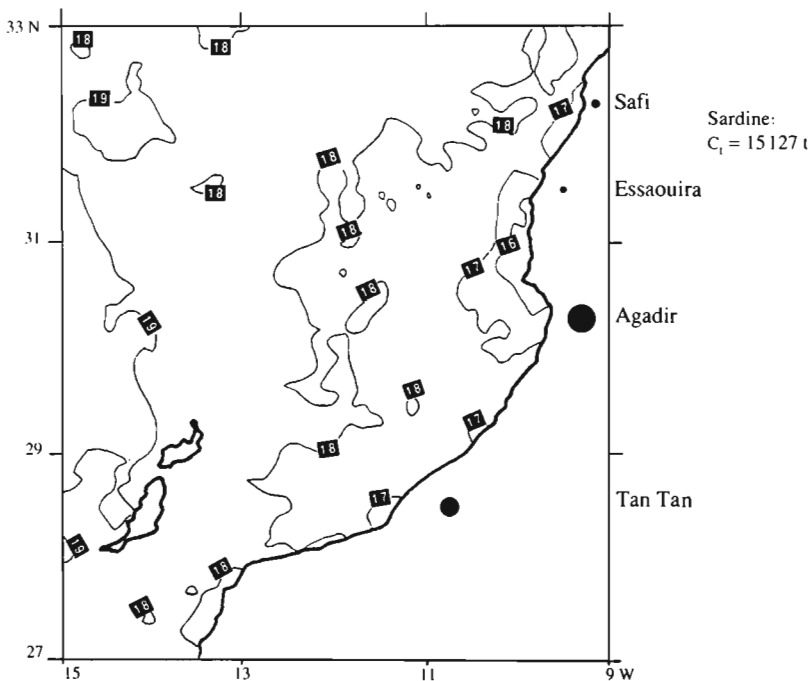
## BIBLIOGRAPHIE

- Andreu B. 1969. Las branchispinas en la caracterizacion de las poblaciones de sardina, Inv. Pes. Barc. 33 (2): 425-607.
- Barkova N.A. et L.N. Domanevsky. 1984. Etat du stock de sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) dans la division statistique 34.1.3, Rapport de la troisième réunion du groupe de travail *ad hoc* sur la sardine *Sardina pilchardus* (Walb.). Casablanca, Maroc, 27 novembre au 5 décembre 1984.
- Belvèze H. 1971. Premières observations sur le stock sardinier de l'Atlantique marocain. Bull. Inst. Pêches Marit. Casablanca (18): 3-35.
- Belvèze H. 1972. Observations complémentaires sur le stock sardinier de l'Atlantique marocain de 1968 à 1971 et essais d'estimation de quelques paramètres. Bull. Inst. Pêches Marit. Casablanca (20): 5-55.
- Belvèze H. and K. Erzini. 1983. The influence of hydroclimatic factors on the availability of the sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum) in the Moroccan atlantic fishery. In: G.D. Sharp and J. Csirke (eds.), Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. FAO, Fish. Rep., 291 (2): 285-327.
- Belvèze H. 1984. Biologie et dynamique des populations de sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) peuplant les côtes atlantiques marocaines et proposition pour un aménagement des pêcheries. Thèse Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, 532 p.
- Biaz R. 1978. Mise au point d'une méthode d'identification des populations de sardines par électrophorèse des protéines solubles du noyau du cristallin. Bull. Inst. Pêche Marit. Casablanca (23): 3-55.
- Binet D. 1988. Rôle possible de l'intensification des alizés sur le changement de répartition des sardines et sardinelles le long de la côte ouest africaine. Aquat. Living Resour. (1): 115-132.
- COPACE. 1978. Rapport du groupe de travail *ad-hoc* sur la sardine (*Sardina pilchardus*, Walb.). COPACE/PACE. SERIES/78/7.
- Fréon P. 1988. Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation: Analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. Etudes et Thèses, ORSTOM, 287 p.
- Fréon P. et Stequert B. 1979. Note sur la présence de *Sardina pilchardus* Walb. au Sénégal: étude de la biométrie et interprétation. Cybium. 3<sup>e</sup> Serie, 1979 (6): 65-90.
- Fumestin J. 1953. Ultra-sons et pêche de la sardine au Maroc. Bull. Inst. Pêches, Maroc, n°1.
- Fumestin J. et Fumestin M.L. 1970. La sardine marocaine et sa pêche. Migrations trophique et génétique en relation avec l'hydrologie et le plancton. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 159: 165-175.
- Gohin F. 1987. Analyse géostatistique des champs thermiques de surface de la mer. Thèse. Doct. ingénieur, Ecole des Mines, Paris
- Grall J.R., Laborde A., Lecorre P., Neveux J., Treguer P. et Thiriot A. 1974. Caractéristiques trophiques et production planctonique dans la région sud de l'Atlantique marocain. CINECA-CHARCOT I et III. TETHYS 6, (1-12): 11-28.
- Jacques G. et Treguer P. 1986. Ecosystèmes pélagiques marins. Masson, Paris. 234p.
- Le Corre P. et Treguer P. 1976. Contribution à l'étude de la matière organique dissoute dans l'eau de mer. Caractéristiques chimiques du golfe de Gascogne et des upwellings de l'Afrique du nord-ouest. Thèse Doctorat Etat, Université de Bretagne Occidentale, 490p.
- Lee J.Y. 1961. La sardine du golfe du Lion. *Sardina pilchardus sardina* (Regan). Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 25 (4).
- Mathisen O.A., Thorne R.E., Trumble R.J and Blackburn M. 1978. Food consumption of pelagic fish in upwelling area. In: Boje and Tomczak (eds), Upwelling ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, 111-123.
- Minas H. J., Codispoti. L.A. and Dugdale. R.C. 1982. Nutrients and primary production in the upwelling region of Northwest Africa. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 180: 148-183.
- Nehring D. and Holzlohner. S. 1982. Investigation on the relationship between environmental conditions and distribution of *S. pilchardus* in the shelf area of Northwest Africa. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 180: 342-344.
- Nieland H. 1980. Die nahrung von Sardinen, Sardinellen und maifischen vor der westkuste Afrikas. Inst. Fur Meereskunde Chris. Alb. Univers. Kiel, 75: 137 p.
- Nykjear L., Refk. R. and Schlittenhart. P.M. 1986. Remote sensing of the Northwest African upwelling area: assessment of Coastal Zone Color Scanner images for fishery purposes. Eur-publication nr. S.A./I.05.E2.85.30. Commission of the European Communities, Joint Research. Centre ISPRA Establishment.
- Richebe B. 1980. Influence des paramètres hydrologiques et météorologiques sur les phénomènes d'upwelling au Maroc. Rapport ISPM Casablanca, avril 1980, (dactylographié).
- Roy C., P. Cury, A. Fontana et H. Belvèze. 1989. Stratégies spatio-temporelles de la reproduction des clupéidés des zones d'upwelling d'Afrique de l'Ouest. Aquat. Living Resour. 2: 21-29.
- Yanez E. et M.A. Barbieri. 1988. Principal pelagic resources exploited in Northern Chile and their relationship to environmental variations. In: Wyatt T. and M.G. Larrañeta (eds), Long term changes in marine fish populations. Int. Symp. Long Term Changes Mar. Fish Pop. Vigo: 197-219.

Annexes présentant les situations thermiques déduites des données des satellites NOAA et METEO-SAT, calibrées avec les données bateaux marchands, puis traitées par krigeage (logiciel PESKET de l'IFREMER) ainsi que les captures de sardine (les ronds sont proportionnels aux débarquements) à Safi, Essaouira, Agadir et Tan Tan.

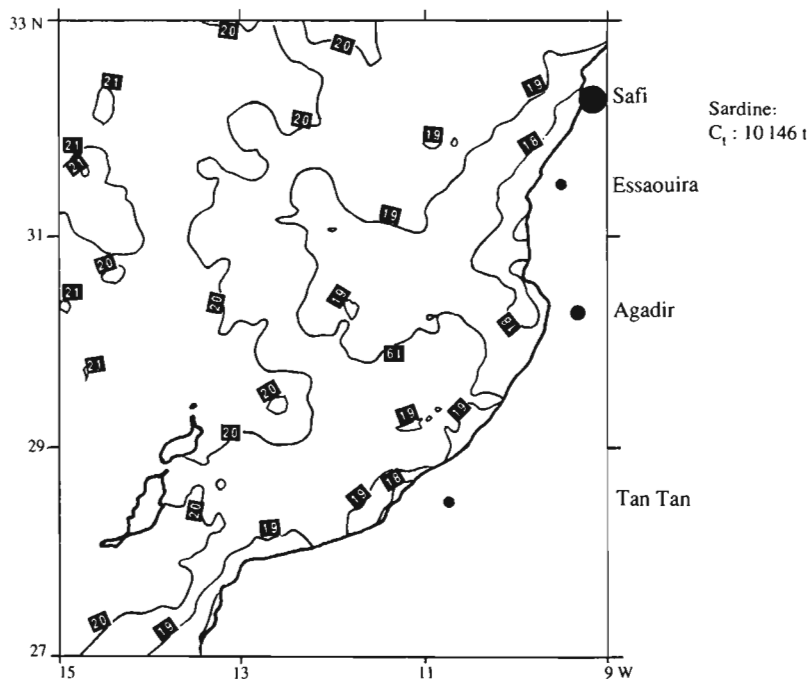
### Annexe 1

Situation thermique  
du 6 mai et captures  
de mai 1986



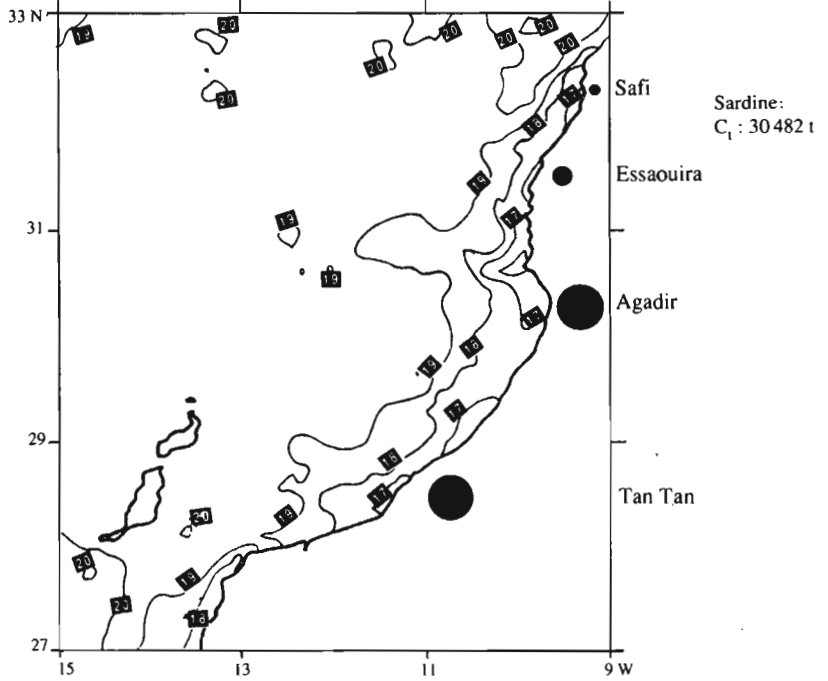
### Annexe 2

Situation thermique  
du 13 mai et captures  
de mai 1987



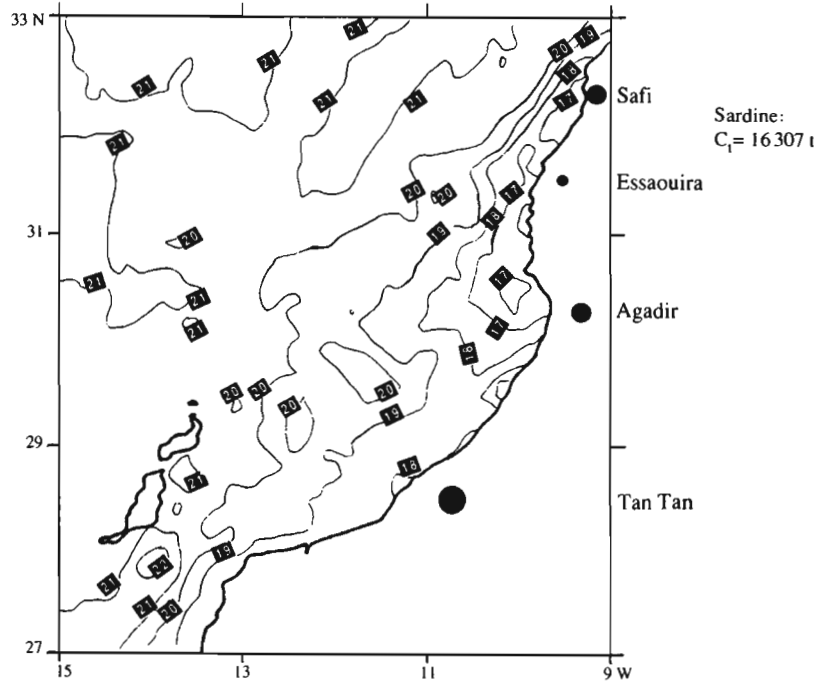
### Annexe 3

Situation thermique  
du 21 juin et captures  
de juin 1986



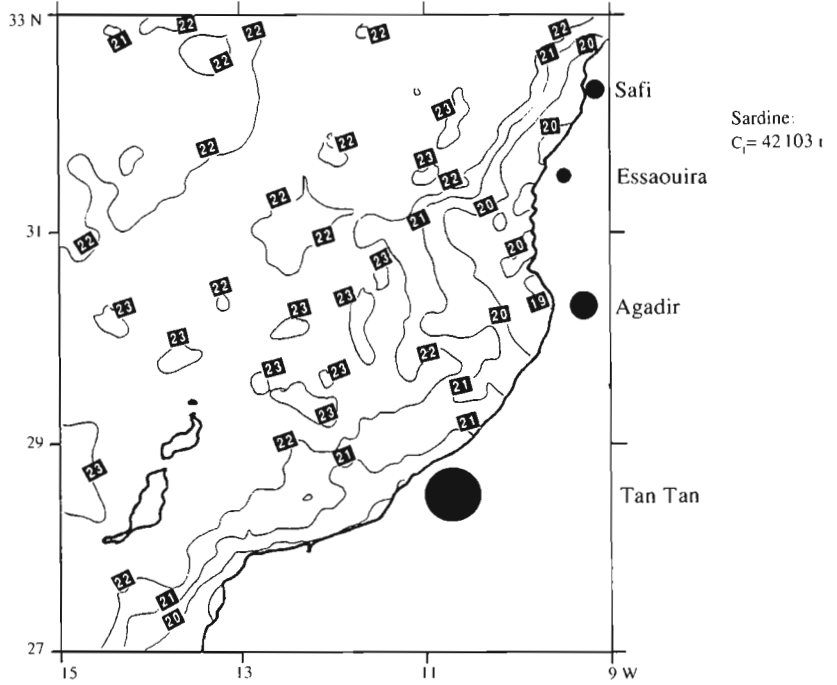
### Annexe 4

Situation thermique  
du 10 juin et captures  
de juin 1987



### Annexe 5

Situation thermique  
du 13 septembre  
et captures  
de septembre 1986



### Annexe 6

Situation thermique  
du 10 septembre  
et capture  
de septembre 1987

