

Analyse corrélative des températures de surface sur le Proche Atlantique

Atlantique Nord-Est
Autocorrélation
Anomalies
Séries chronologiques
Températures de surface
Rétroaction
Oscillation quasi-biennale
North-East Atlantic
Autocorrelation
Anomalies
Chronological series
Sea surface temperatures
Feed-back
Quasi-biennial oscillation

J. Servain

Laboratoire d'Océanographie Physique, Université de Bretagne Occidentale,
29283 Brest Cedex, France.

Reçu le 16/7/79, révisé le 10/9/79, accepté le 17/9/79.

RÉSUMÉ

Les anomalies mensuelles de températures de surface (mer-air) du Proche Atlantique sont utilisées pour faire une étude corrélative. Les fonctions d'autocorrélation totale (indépendamment du mois initial) révèlent une forte capacité de mémorisation (de l'ordre de l'année) pour ces deux paramètres et signalent un cycle de 24 mois après la seconde guerre mondiale. Les fonctions d'autocorrélation partielle, rapportées à des mois initiaux déterminés, donnent des informations plus précises sur la variabilité annuelle de cette capacité de mémorisation.

On montre en particulier que si en été les températures de surface de la mer ne peuvent être prédites à partir des observations antérieures, par contre une forte anomalie d'hiver se répercute très bien sur le printemps et se retrouve dans de bonnes conditions à l'automne suivant.

Oceanol. Acta, 1980, 3, 1, 3-6.

ABSTRACT

Correlative analysis of surface temperatures in the North-East Atlantic

Monthly anomalies of air and sea surface temperatures are analysed in a temporal coherence study. The overall autocorrelation (irrespective of the initial month) exhibits significant memory extending to about 12 months, and indicates a biennial cycle during the period since the Second World war. Individual autocorrelations, stratified according to the initial month, provide information concerning the annual variability of this memory. For example, the sea-surface temperature cannot be predicted in summer, on the basis of earlier observations, whereas a powerful anomaly in a given winter is repercussed in the following spring and appears in a new account during the next autumn.

Oceanol. Acta, 1980, 3, 1, 3-6.

INTRODUCTION

Afin d'apprécier les phénomènes de climatologie marine à l'échelle synoptique divers auteurs se sont servis, et utilisent toujours, des données historiques de mesures de surface recueillies en majorité par des navires sélectionnés. Ces observations, rassemblées depuis le milieu du XIX^e siècle sur tous les océans, sont vérifiées,

codifiées et mises à la disposition des chercheurs par les grands organismes mondiaux de climatologie tels la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, USA).

En désaisonnant les observations de températures de surface (mer et air) pendant la période 1860-1969 nous avons construit des séries chronologiques d'anomalies mensuelles sur quelques zones test de deux degrés

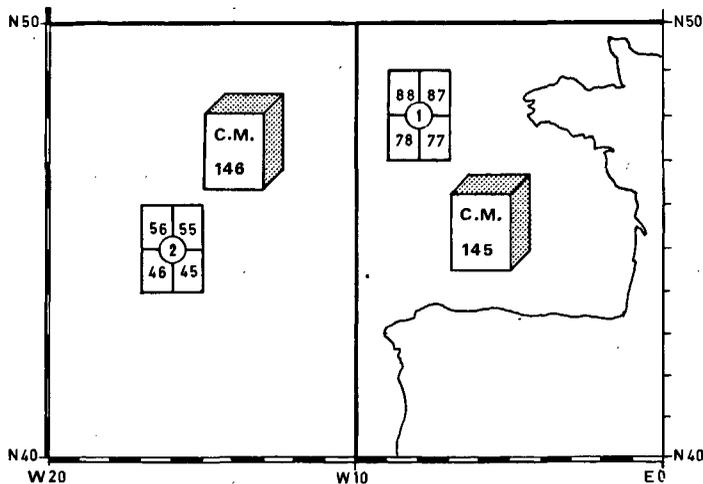


Figure 1

Les deux zones test (1 et 2) à l'intérieur de chacun des Carreaux Marsden 145 et 146.

The two test-zones (1 and 2) inside Marsden Squares 145 and 146.

de côté situées sur le Proche Atlantique Européen (Servain, 1979). Dans cette note nous nous attachons surtout aux deux zones situées chacune à l'intérieur des Carreaux Marsden 145 (sous-carreaux : 77, 78, 87, 88) et 146 (sous-carreaux : 45, 46, 55, 56) (fig. 1).

La densité des données est deux fois plus importante pour la zone 1 que pour la zone 2 (48 000 observations contre 23 000); toutefois, nous n'avons pas remarqué de différence significative dans la distribution des variances. Bien évidemment cette densité des mesures varie aussi dans le temps (peu d'observations avant 1920 et pendant la seconde guerre mondiale); aussi nous retiendrons essentiellement la période la plus riche : 1947-1969.

MÉTHODES D'ANALYSE

Après avoir vérifié l'aspect gaussien et organisé des chroniques obtenues nous avons entrepris une analyse corrélative. Les séries d'anomalies mensuelles ont été standardisées en divisant chaque terme par l'écart-type correspondant au mois considéré, ceci afin d'éviter de biaiser les coefficients de corrélation par les différences climatologiques inhérentes aux variabilités mensuelles. Les fonctions d'autocorrélation ont ensuite été calculées après avoir stationnarisé les séries obtenues.

Les fonctions d'autocorrélation partielle calculées ici sont rapportées à des mois initiaux déterminés. Les graphes reproduits sur les figures 2 *b* et 3 *b* représentent la différence de l'autocorrélation partielle moins l'autocorrélation totale. Les mois initiaux sont indiqués par leur première lettre à l'origine de chacune des douze courbes, et nous avons rappelé les saisons subséquentes en les caractérisant par les mois suivants : mai pour le printemps, août pour l'été, novembre pour l'automne et février pour l'hiver. Les valeurs positives (zone sombre) de cette différence indiquent une plus forte cohérence d'un phénomène thermique avec les mois suivants si celui-ci a lieu pendant 1 mois déterminé plutôt que pris indépendamment du mois initial. Par contre une valeur

négative (zone claire) met en évidence une cohérence pauvre entre 1 mois initial et les mois subséquents.

Nous avons ensuite calculé les coefficients de cross-corrélation soit en prenant un même paramètre sur les deux zones test, soit en corrélant les deux températures de surface (mer et air) pour une zone fixe.

RÉSULTATS

Les figures 2 *a* et 3 *a* donnent un aperçu de la façon dont évolue la fonction d'autocorrélation totale, c'est-à-dire, indépendamment du mois initial. Pour l'anomalie de température de surface de l'eau, mais aussi pour l'anomalie de température de l'air, les coefficients positifs pendant 4 à 12 mois, révèlent une grande capacité de mémorisation de ces deux paramètres. Sur ces graphes nous avons porté le seuil significatif de 99 % calculé par les tables de Student-Fisher qui met en évidence un cycle proche de 2 ans à la fois sur les séries d'anomalies de température de surface de l'eau et celles d'anomalies de température de l'air, mais uniquement pour ce qui concerne la période après la seconde guerre mondiale. Une analyse plus poussée fait d'ailleurs dépasser le seuil 999 ‰ entre les années 1953 et 1963.

Des exemples de différences autocorrélation partielle moins autocorrélation totale peuvent se lire sur les figures 2 *b* (température de surface de l'eau) et 3 *b* (température de l'air).

Pour les anomalies de température de surface de l'eau, les résultats sont conformes à ceux enregistrés sur le Pacifique Nord (Namias et Born, 1970 et 1974). On observe en particulier une densité plus forte de valeurs positives lorsque les mois initiaux se situent pendant la saison froide (fig. 2 *b*). Il est aussi remarquable de constater une cohérence très faible entre l'été et les mois précédents. Parallèlement, ces situations d'été auront des répercussions pratiquement négligeables sur les mois immédiatement suivants.

Les situations anormales d'hiver peuvent (dans une certaine mesure) être la conséquence de la fin de l'été ou de l'hiver précédents mais jamais de la période fin du printemps — début de l'été. Ces anomalies d'hiver auront une forte influence sur le printemps ainsi que l'automne subséquent, mais jamais sur l'été.

Ces résultats confirmés sur l'ensemble des séries chronologiques peuvent se résumer schématiquement par la figure 4. Nous avons représenté les quatre saisons, chacune entourée de huit saisons, quatre dans le passé et quatre dans le futur. Les parties sombres marquent une bonne cohérence soit entre le passé et le présent, soit entre le présent et l'avenir. Les parties claires suggèrent l'inverse et les zones hachurées sont relatives à des situations intermédiaires.

La figure 3 *b* montre un exemple de la différence autocorrélation partielle moins autocorrélation totale pour l'anomalie de température de l'air et le schéma de la figure 5 résume l'ensemble des conclusions pour ce paramètre. On montre ainsi que si les situations d'automne et surtout d'hiver agissent de façon hautement corrélative sur le printemps et l'été subséquents,

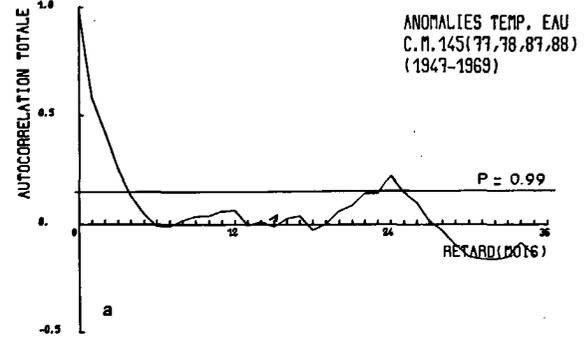
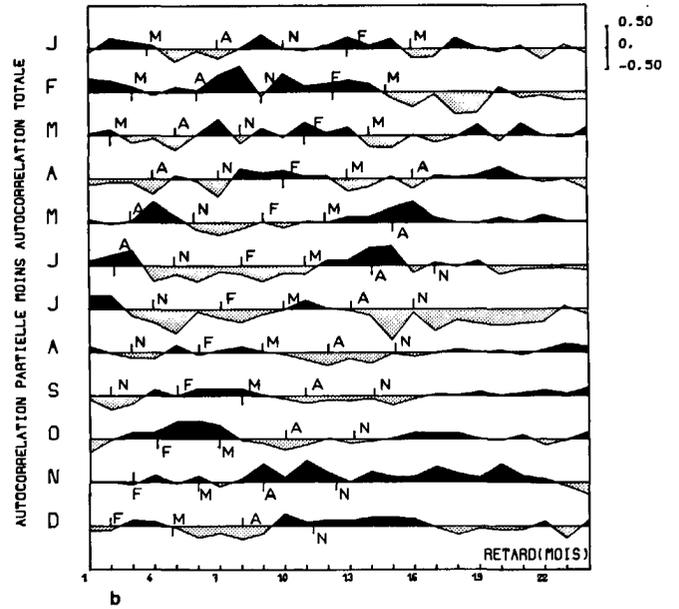
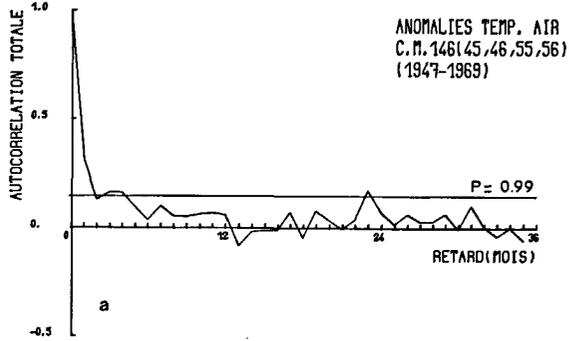
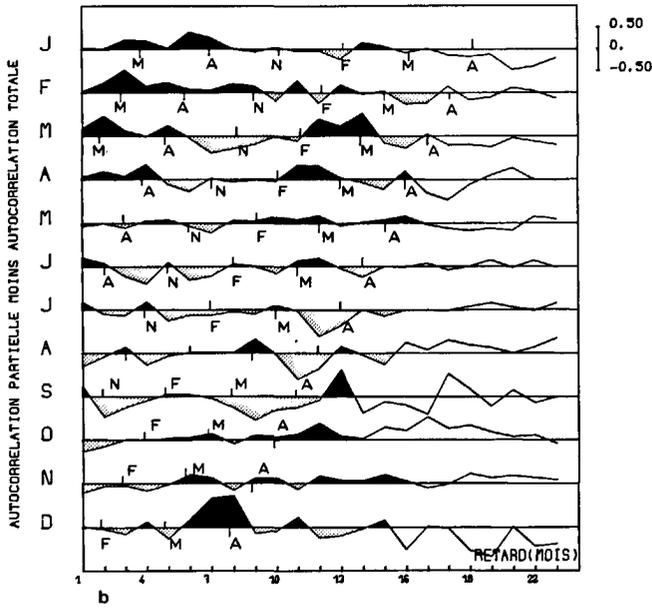


Figure 2
Série chronologique des anomalies mensuelles de la température de surface de l'eau pour la zone 1 (1947-1969). (a) Fonction d'autocorrélation totale (indépendamment du mois initial); (b) Différence entre l'autocorrélation partielle (selon le mois initial) et l'autocorrélation totale.

Monthly SST anomalies for zone 1 (1947-1969). (a) Overall autocorrelation (irrespective of initial month); (b) Deviations of individual monthly autocorrelations from the overall autocorrelation.

Figure 3
Série chronologique des anomalies mensuelles de la température de l'air pour la zone 2 (1947-1969). (a) Fonction d'autocorrélation totale (indépendamment du mois initial); (b) Différence entre l'autocorrélation partielle (selon le mois initial) et l'autocorrélation totale.

Monthly air temperature anomalies for zone 2 (1947-1969). (a) Overall autocorrelation (irrespective of initial month); (b) Deviations of individual monthly autocorrelations from the overall autocorrelation.

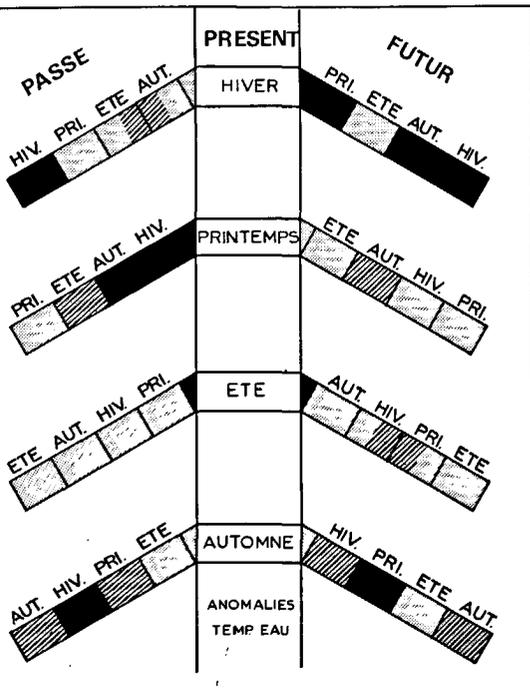


Figure 4
Cohérence temporelle de l'anomalie saisonnière de température de surface de l'eau sur le Proche Atlantique (pour plus de détails voir le texte).

Temporal coherence of seasonal SST anomalies in the North-East Atlantic (see text for details).

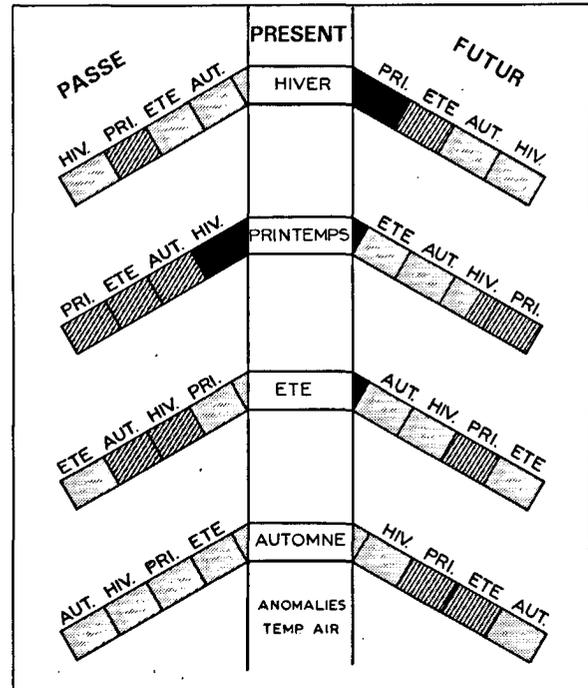


Figure 5
Cohérence temporelle de l'anomalie saisonnière de température de l'air sur le Proche Atlantique (pour plus de détails voir le texte).

Temporal coherence of seasonal air temperature anomalies in the North-East Atlantic (see text for details).

par contre l'automne a peu d'influence sur l'hiver, ainsi que le printemps sur l'été. De la même manière, les anomalies du printemps et de l'été seront "effacées" pour l'automne et l'hiver suivants.

L'étude des cross-corrélations peut elle aussi apporter d'intéressantes remarques. On sait déjà qu'il existe des liens très étroits entre les différents paramètres hydrologiques et atmosphériques mesurés à des distances de plusieurs centaines de kilomètres (Krauss et Morrison, 1966).

Dans la grande majorité des cas les coefficients de cross-corrélation spatiaux que nous avons calculés restent significatifs au niveau 95 % pendant 2 mois pour l'anomalie de température de surface de la mer et pendant 1 mois pour l'anomalie de température de l'air, le déphasage s'effectuant toujours de l'Ouest vers l'Est.

Le calcul des cross-corrélations donne une idée du temps de rétroaction entre la température de la mer et celle de l'air. Cette rétroaction (feed-back) est significative (au sens du test de Student-Fisher) pendant 2 à 3 mois dans le sens océan-atmosphère et seulement 1 mois dans le sens inverse.

Si l'on revient aux schémas des figures 4 et 5 on peut trouver un exemple de ce phénomène de feed-back entre l'océan et l'atmosphère. En effet, l'on constate que si les anomalies de température océanique sont bien corrélées entre l'automne-hiver et le printemps suivant (fig. 4) cette bonne corrélation se prolonge l'été pour l'anomalie de température de l'air (fig. 5). Il en est de même pour la bonne corrélation entre le printemps et l'automne pour la température de l'eau; cette corrélation se traduit par une bonne cohérence entre le printemps et l'hiver suivant pour l'air. Il paraît évident, et nous l'avons constaté, que plus l'on s'éloigne des côtes (C.M. 146) et mieux se produit ce phénomène de feed-back.

DISCUSSION

Le fait qu'une anomalie de température de surface de l'eau observée en été a très peu de chance d'être la conséquence d'une situation antérieure peut s'interpréter facilement si l'on fait intervenir l'importance relative des différents facteurs entrant dans l'établissement du contenu thermique superficiel. En effet, pendant la saison froide, les effets mécaniques associés au renforcement des vents génèrent et entretiennent un mélange vertical sur une grande épaisseur d'eau, ce qui permet une forte « mémorisation » de la température de l'océan.

Par contre, pendant la saison chaude, les effets radiatifs sont prépondérants et la structure thermique verticale est fortement stratifiée. Une masse d'eau anormalement froide ou chaude générée durant les mois précédents l'été, peut donc être « cachée » par une couche très superficielle réagissant avec un temps de réponse très bref aux sollicitations atmosphériques et ne réapparaître que lors de la redistribution thermique verticale postérieure, c'est-à-dire, en automne-hiver.

Pour la température de l'air le processus est plus compliqué. La capacité de mémorisation de l'air étant beaucoup plus faible que celle de l'océan, c'est par l'intermédiaire des rétro-actions successives entre les deux milieux atmosphérique et océanique que va s'organiser ce que l'on serait tenté d'appeler une « pseudo-mémoire » pour les anomalies de température de l'air. Tout se passe en effet comme si l'océan, perturbé par des accidents thermiques atmosphériques va se rééquilibrer lentement en rétrocédant de son surplus ou de son manque d'énergie à l'atmosphère. Mais ce rééquilibrage se fera différemment suivant la saison, il sera faible durant les périodes de stabilité thermique (avril à septembre) et plus important le reste de l'année. C'est ainsi que l'on peut expliquer (fig. 5) qu'une forte anomalie hivernale de la température de l'air, désorganisant la structure thermique de la couche superficielle de l'océan durant cette période va réapparaître dans l'atmosphère (bien sûr d'une manière plus ou moins atténuée) au printemps suivant par l'intermédiaire de la rétroaction océan vers atmosphère. Ce phénomène n'aura pas lieu si l'anomalie initiale a lieu au printemps ou en été, il sera retardé si celle-ci s'observe en automne.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un contrat du Centre National pour l'Exploitation des Océans.

REFERENCES

- Kraus E. B., Morrison R. E., 1966. Local interaction between the sea and the air at monthly and annual time scales, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 92, 114-127.
- Namias J., Born R. M., 1970. Temporal coherence in North Pacific Sea Surface temperature patterns, *J. Geophys. Res.*, 75, 30, 5952-5955.
- Namias J., Born R. M., 1974. Further studies of temporal coherence in North Pacific Sea surface temperatures, *J. Geophys. Res.*, 79, 6, 797-798.
- Servain J., 1979. Sur l'analyse statistique des données climatologiques de surface du Proche Atlantique, Univ. Bretagne Occidentale, contrat CNEXO n° 79/2002, juin 1979.