

RÉPONSE à Marcel Leroux

**Bernard Fontaine⁽¹⁾, Serge Janicot⁽²⁾, Vincent Moron^(1,3),
Pascal Roucou⁽¹⁾ et Sylwia Trzaska⁽¹⁾**

(1) *Centre de recherches de climatologie*

ESA 5080 du CNRS

Faculté des sciences, université de Bourgogne

B.P. 138

21004 Dijon Cedex

(2) *Météo-France et Laboratoire de météorologie dynamique (LMD) du CNRS*

École polytechnique, Palaiseau

(3) *Instituto per lo studio delle Metodologie Geofisiche Ambientali (IMGA)*

Bologne, ITALIE

Le commentaire de M. Leroux comprend deux aspects qu'il est important de différencier : une accusation de plagiat et une suite de critiques d'ordres formel et scientifique. Nous répondons précisément à ces deux points.

Pourquoi ne citons-nous pas le livre de M. Leroux ?

Nous n'avons pu citer M. Leroux pour deux raisons :

- Tout article scientifique, surtout de synthèse, nécessite de rappeler les travaux antérieurs ayant vraiment traité le sujet, en l'occurrence les relations entre anomalies de température de surface de la mer (TSM) et anomalies pluviométriques autour du bassin Atlantique. Sur cet aspect, les références annexées à l'article remontent aux années 77-78 (Hastenrath et Heller, 1977 ; Lamb, 1978 a et b), soit dix, dix-sept et dix-huit ans avant les écrits de M. Leroux rappelés dans sa lettre (Leroux, 1988, 1995 et 1996), écrits qui, de plus, ne traitent pas directement de ces questions.
- Les publications que nous citons obéissent à plusieurs critères : ce sont des articles de recherche, diffusés dans les grandes revues spécialisées à comité de lecture, présentant des résultats significatifs et reproductibles, fondés sur des données mesurées et obtenus par des méthodes scientifiques. Le livre de M. Leroux ne répond pas à ces critères.

Avons-nous plagié M. Leroux ?

Les travaux personnels que nous synthétisons ont fait l'objet de publications régulières depuis 1992 (voir les références bibliographiques des auteurs annexées à l'article pages 33 à 35 et celles rapportées ici). Ces recherches traitent du forçage qu'un gradient méridien d'anomalies dans l'Atlantique tropical exerce sur la circulation divergente de l'atmosphère. Dans l'article, nous l'explicitons à l'aide d'analyses statistiques combinant données observées et simulations numériques sur les deux modèles français de circulation générale de l'atmosphère. Nous détaillons ensuite, parmi les conséquences, l'effet pluviométrique inverse observé au Sahel et au Nordeste. Pour qu'il y ait plagiat, il faudrait d'abord qu'il y ait antériorité des propos rapportés par M. Leroux citant son livre de 1996 sur les nôtres. Il n'en est rien. Voici deux exemples précis :

- En 1993, nous avons publié dans *La Météorologie* un autre article de synthèse (Janicot et Fontaine, 1993). En page 41 (3^e paragraphe), le lecteur intéressé peut trouver : « Une saison déficitaire au Sahel se produit lorsqu'il existe une structure "dipolaire" de la TSM (plus chaude dans l'Atlantique sud et sur l'équateur, plus froide dans l'Atlantique nord) [...]. Ces configurations favorisent une



position de la ZCIT plus au sud que la normale dans l'Atlantique est. » En page 45 (4^e paragraphe), il lira aussi : « La pluviométrie sahélienne est particulièrement sensible aux structures dipolaires interhémisphériques d'échelle globale (sur l'océan mondial) et régionale (sur l'Atlantique) sur la période récente, marquée à l'échelle décennale par une augmentation de la différence des températures de surface entre hémisphères sud et nord. » C'est bien ce que dit M. Leroux dans son livre de 1996 (voir le 3^e paragraphe de sa lettre), donc trois ans après. Mais il est vrai qu'il évoque le Nordeste, dont nous ne parlions pas en 1993.

• En 1994, les deux dernières phrases de l'introduction de Roucou et al. (1994) sont les suivantes : « Des températures chaudes sur l'Atlantique sud sont associées à la sécheresse sur le Sahel. Inversement, des anomalies de TSM froides au nord et chaudes au sud de l'Atlantique sont favorables à une saison des pluies excédentaire sur le Nordeste. »

Enfin, M. Leroux parle des années postérieures à 1970 comme de la « charnière de l'évolution climatique récente ». En fait, plusieurs de nos articles, parus avant 1996, ont déjà traité très spécifiquement de ces aspects. Moron et al. (1995), par exemple, traitent précisément de la variabilité climatique récente et de son évolution de part et d'autre de l'année 1970. Au lecteur de juger.

Points scientifiques

M. Leroux met en cause sans les citer précisément des travaux antérieurs dans lesquels une « translation méridienne » aurait été expliquée par « de prétendues cellules zonales dites de Walker ». Il est aujourd'hui de notoriété publique (voir plus haut) que l'abondance des précipitations au Sahel ou dans le Nordeste est associée, entre autres, au déplacement méridien de la ZCIT, lui-même lié aux conditions thermiques de surface, et notamment au gradient thermique entre l'océan et le continent. C'est le principe de la mousson et sa force motrice. Cependant, les anomalies de pression liées aux circulations zonales tropicales (cellules de type Walker ou est-ouest) et reflétant entre autres l'Enoa⁽¹⁾ se superposent aux anomalies méridiennes (voir, pour le cas de l'Afrique de l'Ouest, la schématisation dans Fontaine et Janicot, 1992). Les travaux récents, comme les résultats présentés dans l'article, montrent, notamment sur le Sahel, le renforcement des téléconnexions dans le plan zonal, notamment avec le Pacifique et l'océan Indien via l'Enoa (Janicot et al., 1996).

Les relations statistiques décalées dans l'espace entre précipitations tropicales et TSM sont, elles aussi, de notoriété publique. On parle alors de **téléconnexions**. Citons, par exemple, des travaux référencés dans l'article du numéro 23 : ceux de Ropelewski et Halpert (1987 et 1989) qui ont, justement, mis en évidence les relations statistiques entre l'Enoa et les précipitations à l'échelle globale. Cette sensibilité des précipitations tropicales aux conditions thermiques s'explique, comme il a été mentionné dans l'article, par le caractère essentiellement divergent de la circulation tropicale. Ce fait est bien connu et la littérature qui s'y rapporte abondante.

Que dire aussi du reproche de M. Leroux concernant les « confirmations » par les modèles ? Nous nous sommes efforcés de mettre l'accent sur la complémentarité des approches purement diagnostiques et numériques (dernier paragraphe de l'introduction, dernier paragraphe de la partie diagnostique, dernier paragraphe de la conclusion). C'est la raison pour laquelle on peut lire page 24 : « Aussi est-il nécessaire de vérifier que les conclusions que l'on peut tirer des simulations restent cohérentes avec celles issues de l'analyse diagnostique. » En aucun cas, dans l'état actuel des choses (résolution, processus modélisés, etc.), les modèles ne prétendent fournir, à eux seuls, des preuves sur des hypothèses climatiques. Tout au plus permettent-ils d'en approcher les mécanismes dont l'échelle est compatible avec leur résolution. À ce niveau, ils font au moins aussi bien qu'une conceptualisation par la pensée, beaucoup plus simplificatrice et subjective.

M. Leroux remet en question quelques figures présentant les résultats des modèles. Les diagrammes pression-latitude ou pression-longitude issus des résultats du modèle du LMD concernent, comme il est précisé dans le texte, les saisons des pluies et, plus particulièrement, les bimestres centrés sur les saisons des

(1) Enoa : El Niño - Oscillation australe.



pluies observées respectivement au Nordeste et au Sahel. Les composites de la composante divergente du transport de masse de la figure 4 (à gauche) montrent les différences simulées entre les bimestres (mars-avril) où le gradient d'anomalies thermiques dans l'Atlantique tropical pointait vers le sud et ceux où il était dirigé vers le nord, ce gradient d'anomalies étant bien entendu calculé par rapport aux valeurs saisonnières des TSM dans cette région (anomalies désaisonnalisées, donc). Des analyses semblables sont effectuées sur les résultats concernant la saison des pluies au Sahel pour le bimestre juillet-août. Il n'y a pas de symétrie absolue dans la façon de présenter les résultats pour ces deux espaces, mais la réponse est claire. Il n'y a donc pas à ce stade, comme semble le suggérer M. Leroux, de changement de modèle pour illustrer la circulation sur les deux espaces. En outre, les résultats s'efforcent d'être synthétiques et de montrer l'apport de la modélisation, notamment en ce qui concerne les champs non accessibles dans l'observation. C'est la raison pour laquelle des champs de précipitations ou de pression de surface issus des simulations utilisées n'ont pas été présentés, mais la référence bibliographique concernant ces variables (et d'autres) a été précisée dans le texte. La phrase de M. Leroux : « *Ils n'ont jamais analysé (ni évoqué), ni le champ de vent, ni le champ de pression* » est sans fondement. Nous avons bien pris en compte la dynamique dans nos diagrammes de la composante divergente du transport de masse (voir encadré page 26) ; les valeurs de vitesse verticale (figures 4 et 5), les champs de géopotential et de vent moyen mensuel (figures 6, 7 et 8) sont également montrés.

En ce qui concerne les résultats des expériences de sensibilité, le jeu complet de ces résultats n'est pas montré mais, encore une fois, le lecteur intéressé pourra le trouver dans Trzaska et al. (1996). La comparaison entre certaines de ces expériences et l'observation peut être trouvée dans Fontaine et al. (1998). Nous avons souhaité attirer l'attention du lecteur sur le fait que la façon de définir et de conduire ces expériences permettait de mettre en évidence certains points, tels l'augmentation de l'impact de la phase chaude de l'Enoa sur les précipitations sahéliennes par rapport à la période précédant 1970 (fig. 7b gauche et droite) ; l'impact des anomalies thermiques dans l'Atlantique tropical en phase chaude Enoa (fig. 8). La figure 8b gauche présente un déficit de précipitations simulé dans un cas où les conditions thermiques de surface de l'Atlantique tropical sont défavorables aux précipitations sahéliennes, le tout en conditions Enoa avant 1970 (à impact faible). En fait, le gradient d'anomalies thermiques inverse dans l'Atlantique (donc favorisant dans l'ensemble les précipitations sahéliennes) dans les mêmes conditions d'Enoa ne conduit pas à ce déficit prononcé (figure non montrée). La figure 8b droite montre les anomalies de précipitations simulées lorsque le gradient dans l'Atlantique est favorable aux précipitations sahéliennes, mais en conditions Enoa récentes, ayant plus d'impact. Le résultat montre en effet un léger déficit de précipitations au Sahel et un excédent dans la partie sud, comme d'ailleurs la figure 7b droite avec des conditions de TSM différentes. Enfin, la figure 7b gauche ne concerne pas des anomalies chaudes dans l'Atlantique nord.

Quant à l'écourtement, voire la disparition, de la petite saison sèche en basse côte guinéenne, M. Leroux se situe dans une perspective purement dipolaire (excédent-déficit au Sahel s'accompagnant d'un déficit-excédent en région guinéenne). Des travaux récents, comme nos publications intégrant les précipitations de ces dernières années, montrent qu'il convient de nuancer : la typologie dipolaire n'est pas respectée dans le cas des Enoa récents. Bien entendu, les biais du modèle, dont nous sommes conscients et que nous ne cachons pas, ne permettent pas d'obtenir une réponse des anomalies de précipitations en tout point conforme à l'observation. Il convient toujours d'interpréter les anomalies par rapport à la mousson moyenne que le modèle est capable de simuler. Par rapport à cette mousson, le Nord de l'espace concerné est déficitaire alors que le Sud (qui ne se confond pas avec la basse côte guinéenne) est excédentaire. Ce problème a déjà été abordé ailleurs. Nous renvoyons notamment le lecteur à l'excellent article d'H. Le Treut dans *La Recherche* de mai 1997 (Le Treut, 1997).

Enfin, nous sommes heureux de retrouver avec nos résultats (observations et simulations) bien des aspects trouvés par d'autres auteurs avec d'autres méthodes, mais nous ne pouvons pas conclure, comme M. Leroux, que « *l'évolution pluviométrique récente, tropicale en général et sahélienne en particulier, est associée à*



une translation vers le sud des structures pluvio-gènes tropicales ». Au contraire, nous avons illustré une évolution des téléconnexions avec un rôle plus important de l'Enoa sur les régions périalantiques, via la circulation zonale. En cela encore, notre article ne s'appuie nullement sur les résultats de M. Leroux. Nous ne discuterons pas des conceptions climatologiques de M. Leroux qui autocite abondamment son ouvrage ; elles l'ont été en détail dans les colonnes de *La Météorologie* par A. Joly (Joly, 1996). Dans le même numéro de cette revue, en page 70, le lecteur pourra également lire le bref rapport qui est fait de son livre.

Pour conclure, nous apprécions les interrogations et commentaires d'ordre scientifique. Nous y avons répondu ici, dans un esprit de dialogue ouvert et constructif. Que M. Leroux soit aussi rassuré : son livre n'a fait l'objet d'aucun emprunt. Nos propos dérivent directement des travaux personnels présentés dans le texte, référencés en bibliographie et, pour certains, rappelés ici. Ces travaux sont bien entendu replacés dans le cadre des autres recherches scientifiques traitant des mêmes thèmes, lorsque celles-ci sont validées par une diffusion dans des revues de référence.

BIBLIOGRAPHIE

- Fontaine B. et S. Janicot, 1992 : Wind field coherence and its variations over West Africa. *J. Climate*, 5, 512-524.
- Fontaine B., S. Trzaska et S. Janicot, 1998 : Evolution of the relationship between near global Atlantic SST modes and the rainy season in West Africa: Statistical analyses and sensitivity experiments. *Climate Dyn.*, 14, 353-368.
- Hastenrath S. et L. Heller, 1977 : Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 103, 77-92.
- Janicot S. et B. Fontaine, 1993 : L'évolution des idées sur la variabilité interannuelle récente des précipitations en Afrique de l'Ouest. *La Météorologie* 8^e série, 1, 28-53.
- Janicot S., V. Moron et B. Fontaine, 1996 : Sahel droughts and ENSO dynamics. *Geophys. Res. Lett.*, 23, 5, 515-518.
- Joly A., 1996 : Réponse à M. Leroux. *La Météorologie* 8^e série, 16, 53-55.
- Lamb P. J., 1978a : Case studies of tropical Atlantic surface circulation patterns during recent sub-Saharan weather anomalies: 1967 and 1968. *Mon. Wea. Rev.*, 106, 482-491.
- Lamb P. J., 1978b : Large scale tropical surface circulation patterns associated with Sub-Saharan weather anomalies. *Tellus*, 30, 240-251.
- Leroux M., 1988 : La variabilité des précipitations en Afrique occidentale. Les composantes aérologiques du problème. *Veille Climatologique Satellitaire*, 22, 26-45.
- Leroux M., 1995 : La dynamique de la grande sécheresse sahélienne. *Revue de géographie de Lyon*, 70, 3-4, 223-232.
- Leroux M., 1996 : *La dynamique du temps et du climat*. Masson, Paris, 312 p.
- Le Treut H., 1997 : Climat ? Pourquoi les modèles n'ont pas tort. *La Recherche*, 298, 68-73.
- Moron V., S. Bogot et P. Roucou, 1995 : Rainfall variability in subequatorial America and Africa and relationships with the main sea-surface temperature modes (1951-1990). *Int. J. Climatol.*, 15, 1297-1322.
- Ropelewski C. F. et M. S. Halpert, 1987 : Global and regional scale precipitation and temperature patterns associated with El Niño / Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1606-1626.
- Ropelewski C. F. et M. S. Halpert, 1989 : Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. *J. Climate*, 2, 268-284.
- Roucou P., V. Moron et B. Fontaine, 1994 : Évolution des relations entre les températures de surface océanique et les pluies saisonnières au Nordeste et au Sahel (1950-1989). *Publications de l'Association internationale de climatologie*, 7, 305-310.
- Trzaska S., V. Moron et B. Fontaine, 1996 : Global atmospheric response to specific linear combination of the main SST modes. Part I: numerical experiments and preliminary results. *Ann. Geophys.*, 14, 1066-1077.

