

REMARQUES SUR 3 PREDICTANTS POSSIBLES DES
PRECIPITATIONS SUR L'AFRIQUE DE L'OUEST.

Y.GALLARDO

Nos études dans la région maritime congolaise suggèrent que la variabilité thermique de la couche de surface est aussi liée à des structures du champ de vent au dessus du Golfe de Guinée.

Or, les cartes de divergence du vent à l'équateur, dans le Golfe de Guinée (Hastenrath et Lamb, 1977) montrent une grande variation annuelle, mais aussi une analogie en février et en été (juin-juillet) due à l'apparition d'un maximum. De même, plus au Sud, le rotationnel des tensions du vent passe par un maximum, deux fois dans l'année, vers juin-juillet et vers octobre-novembre. Il apparaît de façon concomitante deux minimums de pluie en février et en août dans le Golfe de Guinée. Par conséquent, il est logique de relier des subsidences atmosphériques à ces divergences du vent en surface dans le Golfe de Guinée. Dès lors se pose ce problème : est-ce que les pluies d'été au Sahel obéissent à une relation conforme vis à vis des divergences-subsidences du mois de février et du mois de juillet? Autrement dit, est-ce que cette répétition des structures organisées en février et en juillet est un signe de prédictibilité des pluies d'été au Sahel ?

Pour vérifier cette hypothèse nous utilisons les températures de surface (S.S.T.) d'une station côtière au sud de l'équateur susceptible de détecter une grande partie des variations de structure du vent équatorial dans le Golfe de Guinée : le résultat est probant : de 1953 à 1980 il apparaît bien une relation canonique entre les pluies d'été au Sahel, et les S.S.T. de janvier-février-mars d'une part, de juin-juillet d'autre part.

Les régressions obtenues avec les anomalies de pluie, a , au Mali (1953-1978) ont pratiquement la même pente :

	Coef.corr.	Signification
$a = - 0,43 - 2,5 a$ (SST Janv.Fév.)	- 0,44	5 %
$a = - 0,15 - 2,6 a$ (SST Juin.Juil.)	- 0,46	2 %
$a = + 0,04 - 2,9 a$ (SST Fév.Mars)	- 0,40	5 %

Le constat de cette prédictibilité potentielle à partir des conditions climatologiques d'hiver au Congo nous a incité à y rechercher des prédicteurs utilisables des pluies d'été au Sahel.

Notre exposé contiendra :

- la philosophie de la méthode et les concepts,
- les résultats détaillés d'un seul des prédicteurs, celui qui nous a paru le plus efficace et le mieux interprétable physiquement.

PHILOSOPHIE DE LA METHODE ET CONCEPTS

Déjà dans l'introduction a été suggérée une prédictibilité potentielle liée à une certaine reproductibilité des structures du champ de vent (divergence) à l'équateur. Bien plus, il suffit d'examiner la cartographie planétaire des écarts de pluie 1970-72 à la "moyenne" 1931-60 pour se rendre à l'évidence qu'il existe une organisation spatiale et dans l'hémisphère nord et l'hémisphère sud : pendant la sécheresse 1970-72 du NW de l'Inde, du Sahel, de l'Atlantique tropical nord et du sud des Etat Unis, il y avait une ceinture planétaire pluvieuse aux hautes latitudes de l'hémisphère nord; on remarquera surtout que l'océan Indien et le Golfe de Guinée étaient très arrosés alors qu'une très grande partie du continent africain, au sud de l'équateur, subissait aussi la sécheresse. Il faut noter aussi la présence de 2 structures au-dessus de l'océan Atlantique qui évoquent une interaction

plausible avec la dérive nord Atlantique (déficit en pluie) et avec le contre-courant équatorial (excès de pluie). Et enfin, les anticyclones de l'Atlantique paraissent bien centrés dans des déficits de pluie.

La philosophie de la méthode est simple : utiliser l'information climatologique liée aux centres d'action de l'océan Indien et de l'océan Atlantique puisqu'ils génèrent les différentes masses d'air venant s'affronter le long du front intertropical et des deux confluences inter océaniques.

Un concept analogue, mais restreint à une région potentiellement prédictante au sud de l'équateur, le sud ouest du Congo en l'occurrence, consistera à chercher des variables canoniques entre le présent et le futur, dans des séries de hauteur de pluie de la mousson d'hiver ; ce concept s'appuie sur la nature organisée des pluies au Sahel, dont plus de 60 % est attribué à des lignes de grain très mobiles, à déplacement vers l'ouest et utilisant la convergence apportée par des ondes d'Est. Les lignes de grain du sud du Congo sont moins fréquentes qu'au Sahel mais la durée très longue de la saison des pluies (8-9 mois) permettra d'extraire une information sur ces lignes de grain.

Le dernier concept cherchera à mettre en évidence l'aspect dynamique essentiel des interactions entre le champ des vitesses horizontales du vent, dont l'intensité d'évaporation E observée est un indicateur linéaire, et le champ des vitesses verticales vers le sommet des amas nuageux, assez correctement représenté par l'intensité P des précipitations. On définira un coefficient de rendement d'un système nuageux en pluie, ce coefficient diminuant avec l'intensification des subsidences associées à la divergence du vent en surface (cf. introduction). Ce coefficient de rendement, calculé sur la climatologie d'octobre à mai au Congo, sera assimilé lui aussi à une variable canonique entre le présent et le futur (pluie au Sahel).

Tous ces concepts ont le même esprit : différentes

masses d'air sont en contact le long de discontinuités. Ces discontinuités sont tridimensionnelles et fluctuent dans le temps en réalisant un nombre élevé de "complexions climatologiques", dont l'effet essentiel est de faire pleuvoir peu ou beaucoup. Par exemple, les lignes de grain au Sahel représentent environ 80 % des complexions climatologiques très pluvieuses. Il s'agit de chercher dans l'hiver-printemps celles des complexions qui ressembleront le plus à celles d'été au Sahel. La prédictibilité potentielle deviendra utilisable lorsqu'on trouvera au Congo un nombre de complexions équivalentes approchant celui du Sahel. Comme la saison des pluies au Sahel dure environ 2 à 3 mois il faudra mettre en évidence des prédicteurs apparaissant au moins pendant le tiers de la saison des pluies au Congo, dont la durée excède 8 mois.

La méthode consiste à extraire une information intra-saisonnière dans des séries de pluie à Cotonou, Pointe Noire et Brazzaville. Cette information doit fournir des variables canoniques entre le présent et le futur. Ces variables décriront à l'avance les fluctuations des différents fronts, confluences et des lignes de grain : ces dernières ne sont pas nécessairement dépendantes des discontinuités et des confluences inter océaniques car ce sont des perturbations mobiles qui peuvent être générées à l'intérieur d'une même masse d'air.

Le tableau suivant présente les coefficients de corrélation ($\times 100$) des hauteurs de pluie des derniers mois de l'année $j-1$ et des premiers mois de l'année j avec les hauteurs de pluie d'été au Sahel durant l'année j . Il est important de noter que ces stations n'ont pas été sélectionnées parmi d'autres. Leur choix a été dicté par la nécessité d'avoir une station représentative du front intertropical (Cotonou), une station représentative de la variabilité thermique au sud du Golfe de Guinée (Pointe Noire) et une station continentale au sud de l'équateur qui soit représentative des fluctuations de la confluence inter océanique (Brazzaville).

Tableau : Corrélation (rx100) des hauteurs de pluie avec ajAFR. Séries 1941-1979.

LATITUDE	STATION/MOIS	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
4 Sud	Brazzaville	-3	2	6	23	-36	28	31	-8	-7	
5 Sud	Pointe-Noire	-14	18	-7	-16	-29	8	6	4	14	
5,5 Nord	Cotonou	-2	20	22	20	22	21	13	-11	-5	-5

Nous constatons au moyen de ce tableau l'existence d'un potentiel prédictif au nord de l'équateur en automne, au sud de l'équateur en hiver. La période de janvier à mars contient une prédictibilité accrue lorsqu'on s'éloigne de la côte dans le sud ouest du Congo. Il apparaît en janvier une forte corrélation négative au sud de l'équateur seulement, qui suggère une "balance" énergétique entre les deux hémisphères. Tout se passe comme si la disparition de la "petite saison sèche" au Congo préconditionnait l'apparition d'un fléchissement des pluies au Sahel. Notons aussi, dans le Tableau , l'apparition d'un rendement négatif pour un décalage d'environ 40 jours. Il est plausible que ce soit là un effet des oscillations basse fréquence déjà souvent observées dans la gamme 35-50 jours.

La construction du prédictant se fait en deux étapes :

- première sélection des régresseurs
- multirégression linéaire.

On sélectionne les combinaisons linéaires simples

(D-J) et (F+M) à Brazzaville x2 et x3
(O-J) à Pointe Noire
(S+O+N+D) à Cotonou x1

Un test d'indépendance des régresseurs entraîne l'élimination de Pointe-Noire. On contrôle alors que les distributions sont aléatoires par le test des "turning points" de Kendall (1975).

Une multirégression linéaire est alors appliquée aux quatre vecteurs colonnes x_1 , x_2 , x_3 .

$$R^2 = 0,47 \quad R = 0,69 \quad F \text{ (Snedecor)} = 10,29$$

$$Y = 1,44 x_1 + 2,35 x_2 + 2,24 x_3 - 129,4.$$

Les écarts types des 3 premiers coefficients sont respectivement : 0,50 0,69 et 0,65

Les trois séries temporelles de x_1 , x_2 , x_3 , portées sur un graphique (figure 1) entraînent les remarques suivantes :

- x_3 signale bien la sécheresse planétaire de 1972
- x_2 ne contient que des oscillations de 2 ou 4 ans
- x_1 indique une décroissance des pluies depuis leur apogée en 1956.

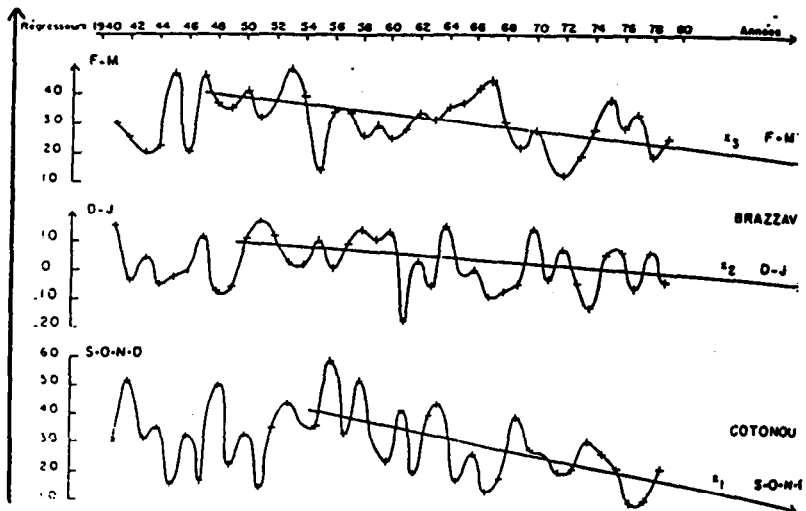


Figure 1 : Graphe des 3 régresseurs x_1 , x_2 , x_3 constituant un prédictant des pluies au Sahel.

x3 apparaît comme l'indicateur de la physique des lignes de grain associées à la dynamique des ondes d'est.

x1 représente sans doute les fluctuations du front intertropical d'altitude

x2, le plus complexe, peut être un indicateur des oscillations quasi-biennales.

Cette méthode est meilleure que celle de la persistance d'une année sur l'autre malgré la longueur remarquable des séquences de même signe : elle échoue 8 années sur 39 (21% des cas) en prédisant le signe de l'anomalie de hauteur de pluie. La persistance échoue dans 28 % des cas.

De plus $r(a_j, a_{j-1}) = 0,42$ et $(0,42)^2 \ll (0,69)^2$

CONCLUSION SUR LA PREDICIBILITE DES PLUIES AU SAHEL

L'idée d'une prédictibilité potentielle commence à poindre dans le monde scientifique. Aux faibles latitudes, la dynamique est gouvernée par des ondes équatoriales planétaires dont l'expression analytique est connue. Elles sont donc prédictibles. Il n'en est pas de même pour les tourbillons atmosphériques et océaniques d'échelle moyenne (100 km) qui affectent les latitudes plus élevées. Ils sont trop rares pour être statistiquement bien décrits et prédictibles, mais leur contribution à l'énergie cinétique des fluides planétaires est très importante. Nous pensons avoir apporté des preuves pour que l'idée devienne réalité, c'est-à-dire pour que le savoir cède le pas au savoir-faire. Parmi les 3 produits de l'intelligence, mémoire, raisonnement logique, intuition, lequel est le plus proche du savoir-faire ? Pour notre part, dans l'élaboration de nos prédictants, le raisonnement logique n'a pas eu plus notre confiance que notre mémoire ou notre intuition. Le problème de Développement est un problème complexe et pluridisciplinaire où chacun des 3 produits joue une part très variable selon la dimension des objectifs, les risques humains et économiques et les échéanciers.