

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : HYDRAULIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT
EN HYDRAULIQUE

المعرفة لوجبة المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique
THEME

PREVISION DES PRECIPITATIONS SUR LE NORD ALGERIEN

Proposé par :

Mr D. BOUCHEREF

Etudié par :

Mr A OUKALI

Encadré par :

Mr A BERMAD

Mr D. BOUCHEREF

Promotion 2001

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A toi l'air que je respire, celle que j'aime plus que tout : Maman.

A toute ma petite famille, je voudrais dire :

Mes sœurs Saadia, Nafissa , pour s'être toujours soucier de moi.

Mon beau frère « Farid » pour ses encouragements.

*Mon frère « ZIGUALAI » qui n'a jamais compris ce que je
faisais.*

*A toute ma grande famille, je ne citerais sûrement pas les noms
car ils n'en finissent pas.*

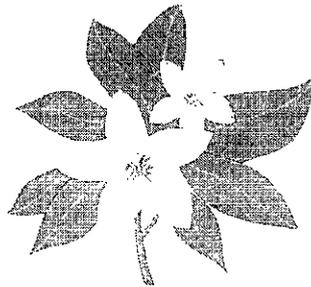
A la mémoire de HAMOUD qui nous a quitté.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

A tous ceux qui ne m'aiment pas malgré eux.

OUKALI Ahmed



REMERCIEMENTS

Tout d'abord, dieu merci.. !

Au moment de clore ce modeste travail, il m'est agréable d'exprimer mes plus vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation et à la réalisation de ce mémoire, en particulier :

- *Mr. BERMAD, mon promoteur, pour son suivi et ses précieux conseils qui m'ont sincèrement enrichi et encouragé. Merci encore une fois monsieur pour le beurre.*
- *Mr. BRACH-EMI, de l'O.N.M. pour sa précieuse aide et sa disponibilité lors des plusieurs visites à l'O.N.M.*
- *Mr BOUCHEREF de l'O.N.M qui a bien voulu diriger ce travail.*
- *L'ensemble des enseignants du Département Hydraulique.*

Il n'est pas possible de citer toutes les personnes qui ont fait que ces cinq années de dur labeur sont passées en éclair. En voici quelques unes, que les oubliées me pardonnent.

- *Aziz Hakadh, Brahim le mordu de la télé égyptienne, Adel et sa belle Nubira, Mounir mon ange gardien, Nourdine, Samir E- Jeune; Hakim pour sa grande aide, Abekader, Mohamed, Karim, Hakim Jilou, Yacine Laklak.*
- *Sayeh, Mohamed, Abdenour, Mourad, Fateh, Lahssen et Laid, mes différents compagnons de chemin lors de ces trois dernières années, unis dans la même "galère"; Mourad (KARABOUTCHI) le fou qu'a failli me traîner dans sa folie.*
- *A tout le personnel de la scolarité de l'école.*
- *A Saïd et notre secrétaire bien aimée.*
- *Hakim, Yacine et... toutes les personnes qui nous ont pris en stop afin d'amoindrir le Chemin de l'école.*
- *Amina 1, Kahina, Amina 2, Fériel, Amel, Djihade pour leurs encouragements et leurs Conseils.*
- *A tous les étudiants de 4^{ème} année hydraulique et tous les autres pour m'avoir pardonné de les avoir oublié.*
- *Je tiens à adresser mes remerciements les plus sincères à l'ensemble de la famille « NAHAL » du plus petit au plus âgé, je voudrais dire par cela : Youcef, Baria, Brahim, Feirouze, Imene, Radia, Saadjia, Ahlem, Fatma, tous ont été pour moi comme Une famille. Leur encouragement, leur confiance, leur compagnie m'ont beaucoup épanoui.*
- *A Ma tata Bétitra pour sa précieuse aide.*
- *A Fella et sa famille qui m'a bien accueilli et qui m'a par l'occasion prêter son micro ordinateur afin d'alléger mes souffrances.*

Et pour terminer, une mention spéciale pour tous les enseignants qui m'ont permis d'être ici aujourd'hui sans oublier messieurs les membres du jury pour le temps qu'ils m'ont consacré.

OUKALI Ahmed

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I : Modélisation des systèmes Hydrologique	3
I-1 Notion des systèmes Hydrologiques	4
I-2 Propriétés des systèmes Hydrologiques	4
I-2-1 Système statique et systèmes dynamiques	4
I-2-2 Propriétés de stationnarité	4
I-2-3 Propriétés de linéarité	5
I-3 Les Modèles Hydrologiques	5
I-3-1 Méthodologie de Modélisation en Hydrologie	5
I-3-2 Les étapes de l'élaboration d'un modèle Hydrologique	6
I-3-2-1 Caractérisation	6
I-3-2-2 Identification	6
I-3-2-3 Vérification	7
I-3-2-4 Exploitation	7
I-4 Classification des modèles Hydrologiques	7
I-4-1 Critère d'origine de la relation du comportement	7
I-4-2 Critère de nature des variables	7
I-4-3 Critère de la structure	8
I-4-4 Critère d'objectif du modèle	8
I-4-4-1 Modèle de connaissance ou modèle cognitif	8
I-4-4-2 Modèle de comportement ou modèle descriptif	8
I-4-4-3 Modèle de prévision ou modèle prévisionnel	8
I-4-5 Modèle de projet ou modèle normatif	9
CHAPITRE II La prévision des précipitations	
II-1 introduction	10
II-2 les prévisions à courte échéance	10
II-2-1 Elaborations des prévisions.	10
II-2-1-1 Prévision de l'évolution synoptique	11
II-2-1-2 prévision du temps.	12
II-2-2 Validité des prévisions.	12
II-2-3 Les modèles numériques de prévision.	12
II-2-3-1 Caractéristique d'un modèle numérique.	12
II-2-3-2 Les différents modèles.	13
II-2-3-3 Description de l'eau dans un modèle numérique.	15
II-2-3-4 Les résultats des modèles numériques.	17
II-2-4 Méthode des situations analogues.	17
II-2-5 Difficultés et incertitudes des prévisions.	19
II-3 Prévision à long échéance.	19
II-3-1 Introduction.	19
II-3-2 Les supports de la prévision mensuelle	20

<i>II-3-3 Impact de la dépression saharienne sur les prévisions saisonniers (Nord Algérie).</i>	20
<i>II-3-4 Modèle de prévision statique.</i>	21
<i>II-3-4-1 Programme provisoire à développer.</i>	22
<i>II-3-4-2 Principe.</i>	22

CHAPITRE III Présentation et traitement des paramètres météorologiques

<i>III-1 Généralités</i>	24
<i>III-2 Température de la surface de l'océan (SST) : (Fichier prédicteurs)</i>	24
<i>III-2-1 Domaine d'étude de la SST</i>	25
<i>III-3 Les précipitations</i>	26
<i>III-3-1 Répartition des pluies en Algérie</i>	26
<i>III-3-2 Réseau des stations Pluviométriques</i>	27
<i>III-3-3 Les contrôles des données</i>	28
<i>III-3-4 Indice régionale de précipitation (Fichier prédictand)</i>	28
<i>III-4 Les méthodes de traitement</i>	29
<i>III-4-1 Organigramme de la méthode</i>	30
<i>III-4-2 Analyse de composante Principale (ACP)</i>	30
<i>III-4-2-1 Principe de la méthode</i>	31
<i>III-4-2-2 Application de l'ACP à la SST</i>	34
<i>III-4-3 La sélection des prédicteurs</i>	36
<i>III-4-3-1 Principe de la méthode de sélection progressive ascendante</i>	36
<i>III-4-3-2 Sélection des CP par la méthode progressive ascendante</i>	38

CHAPITRE IV Modélisation par la méthode de régression linéaire multiple

<i>IV-1 Généralité</i>	42
<i>IV-2 Méthode de régression linéaire multiple</i>	42
<i>IV-3 Méthode de reconnaissance glissante</i>	44
<i>IV-4 Résultats et discussion</i>	44

CONCLUSION	58
-------------------	----

BIBLIOGRAPHIE	60
----------------------	----

ANNEXES	61
----------------	----

الهدف من هذه الدراسة هو البحث عن الروابط بين مؤشرات التساقط في أي منطقة على الشمال الجزائري وبين درجة حرارة سطح المحيط الأطلنطي ثم محاولة الإجابة على بعض الأسئلة للوصول إلى تنبؤات نهائية .

النتائج المذكورة هنا لا تمثل سوى دراسة سطحية للتنبؤات في مجال تساقط الأمطار إلى جانب درجة حرارة سطح المحيط الأطلنطي شهريا وموسميا في مجال الدراسة

كلمات المفاتيح :

- درجة حرارة سطح المحيط الأطلنطي

- مؤشر التساقط

RESUME

L'objectif de ce travail est de chercher des corrélations entre les indices régionaux de précipitation sur le Nord Algérien et la température de la surface e l'océan atlantique, et tenter de donner certains éléments de réponses à des fins prévisionnelles.

Les résultats présentés ici ne constituent que les prémices d'une étude de prévision plus générale des précipitations et des SST(sea surface température) mensuelle, et saisonnière du domaine d'étude

MOTS CLE

Les indices régionaux de précipitation
SST (sea surface temperature)

ABSTRACT

The objective of this study is to tray to find the correlations between the regional temperature of the atlantic ocean and also to tray to give some answers to anticipated ends.

The above presented results constitute only the ambition of a more generale prevision study of the precipitations and of the monthly and seasonal sea (surface temperature of the study area.

KEY WORDS

The regional signs of precipitation
SST (sea surface temperature)

المدرسة الوطنية المتعددة الفنون
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION

Les précipitations représentent le facteur le plus important du climat tant pour les habitants que pour les écosystèmes ; ce qui explique les résonances exceptionnelles que prennent les anomalies qui affectent ce paramètre, particulièrement dans les pays en développement

L'économie de ces pays est largement dépendante du niveau de développement et de production de l'agriculture, un secteur vulnérable et fortement soumis aux fluctuations climatiques et en particulier ses extrêmes (sécheresse, inondation, vents forts, vague de chaleur ... etc.)

La sécheresse récente au sud de la Méditerranée, et qui continue de sévir dans certaines régions a amené les décideurs de ces pays à intégrer les facteurs du climat dans leur planifications et actions même si la sécheresse semble devenir un aspect permanent de l'écoclimat.

Les rythmes pluviométriques saisonniers (pluies d'hiver et d'intersaison, sécheresse d'été) impriment aux climats méditerranéens une très forte originalité. Celle-ci résulte des effets, alternés, de la circulation polaire et de la circulation tropicale

Les pluies d'hiver sont en accord avec la transgression de la circulation polaire vers le sud, la sécheresse d'été, avec la remonté vers le nord des hautes pressions caractérisant l'état moyen des grands déserts chauds.

Cependant, aux intersaisons, le dispositif méridien se manifeste; avec intervention conjointe de perturbations polaires et Sahariennes.

Nous savons que les précipitations dans la région méditerranéenne et plus particulièrement en Afrique du nord sont caractérisées en cours d'année, par une longue période sèche et une période plus humide moins longue et durant laquelle des irrégularités interannuelles sont observées.

Ainsi, pour faire bénéficier les projets et les planifications en cours et à venir, dans le cadre de l'autosuffisance alimentaire impose la mise en place des stratégies culturales qui prennent en considération des paramètres climatiques. La contribution des météorologistes dans la planification des opérations agricoles s'avère donc nécessaire.

Aujourd'hui deux voies de recherches apparaissent prometteuses pour mieux connaître et comprendre la variabilité interannuelle des précipitations et du cycle de l'eau atmosphérique. D'une part l'étude de l'état de surface des continents avec prise en compte de l'albédo du contenu en eau des sols de la couverture végétale et de la rugosité, d'autre part l'analyse des structures du champs atmosphérique et océanique et de leurs interaction à l'échelle du globe (SST principalement en raison de leur forte inertie).

L'objectif de la présente étude est de chercher des corrélations entre les indices régionaux de précipitation sur le nord algérien et la température de la surface de l'océan SST, et tenter de donner certains éléments de réponse à des fins prévisionnelles.

Les résultats présentés ici ne constituent que les prémices d'une étude de prévision plus générale des précipitations et des SST «Sea Surface Température» mensuelle, bimensuelle, et saisonnière, du domaine d'étude.

Dans cette approche on a utilisé les statistiques de base qui permettent de comprendre globalement le phénomène étudié.

Une deuxième approche basée sur la méthode de régression linéaire multiple permet d'évaluer les liaisons statistiques entre le champ des données SST atlantique et l'indice régional des précipitations.

Notre travail est subdivisé en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, on a présenté brièvement la modélisation en hydrologie.

Le second chapitre a été consacré à la présentation des différents modèles de prévision des précipitations.

Le troisième chapitre a été consacré à la présentation et au traitement des paramètres météorologique, où nous avons fait une application de l'analyse en composantes principales sur le champ de l'anomalie de la SST, et utilisé le principe de sélection progressive ascendante.

Dans le dernier chapitre, on a utilisé le modèle de prévision «modèle de régression linéaire multiple » auquel on a appliqué la méthode de reconnaissance glissante.

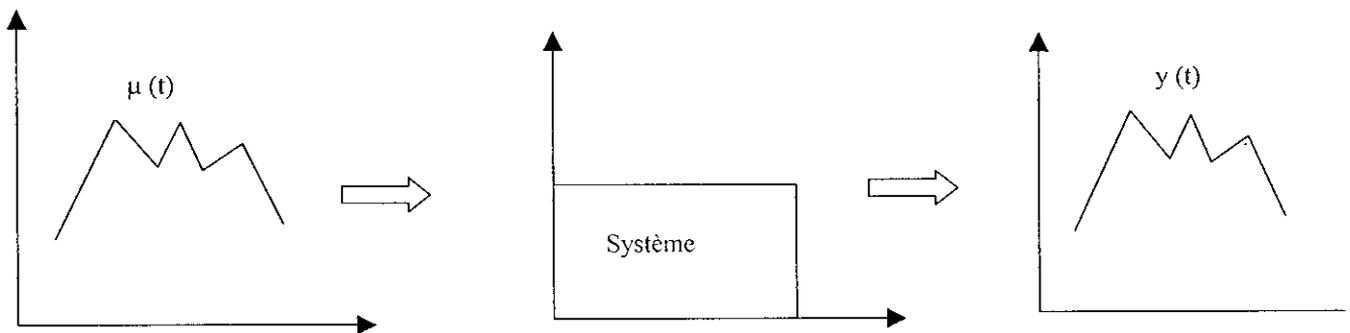
CHAPITRE I

MODELISATION DES SYSTEMES HYDROLOGIQUES

I.1 Notion des systèmes hydrologiques :

Un système est un ensemble d'éléments interconnectés présentant les caractéristiques suivantes :

- Une entité (ou ensemble) : relativement bien individualisée et permanente.
- Un rapport d'interaction dynamique avec un environnement décelable de lui même: rapport se traduisant sous la forme de phénomènes observables et mesurables et variables dans le temps et dans l'espace ; dotée d'une certaine structure: en conférant des modalités de fonctionnement interne propres. De cette définition, le système hydrologique transforme un (ou plusieurs) signal (aux) d'entrée $\mu(t)$ fonction du temps en un signal de sortie $y(t)$ par l'intermédiaire des lois internes qui régissent la transformation [Fig I.1].



I.2 Propriétés des systèmes hydrologiques

I.2.1 Système statique et système dynamique :

Les systèmes hydrologiques sont des systèmes dynamiques par opposition aux systèmes statiques pour lesquels le signal de sortie au temps « t » n'est fonction que de l'entrée au même instant, c'est aussi des systèmes de causalité puisque les signaux de sortie ne sont fonction que des observations présentes ou antérieurement.

I.2.2 Propriété de stationnarité :

Le système est stationnaire si la transformation d'un même signal est indépendante du temps.

On a donc si $[\mu(t), \mu(t-1), \dots] = [\mu(t+s), \mu(t+s-1), \dots]$

On aura $y(t) = y(t+s)$

1.2.3 Propriétés de linéarité :

Un système est linéaire, s'il obéit au principe de superposition et de proportionnalité, c'est à dire à toute paire de constantes α , β et à toute paire de signaux d'entrée $\mu_1(t)$, $\mu_2(t)$ la relation suivante est vérifiée.

$$F(\alpha\mu_1(t) + \beta\mu_2(t)) = \alpha F(\mu_1(t)) + \beta F(\mu_2(t))$$

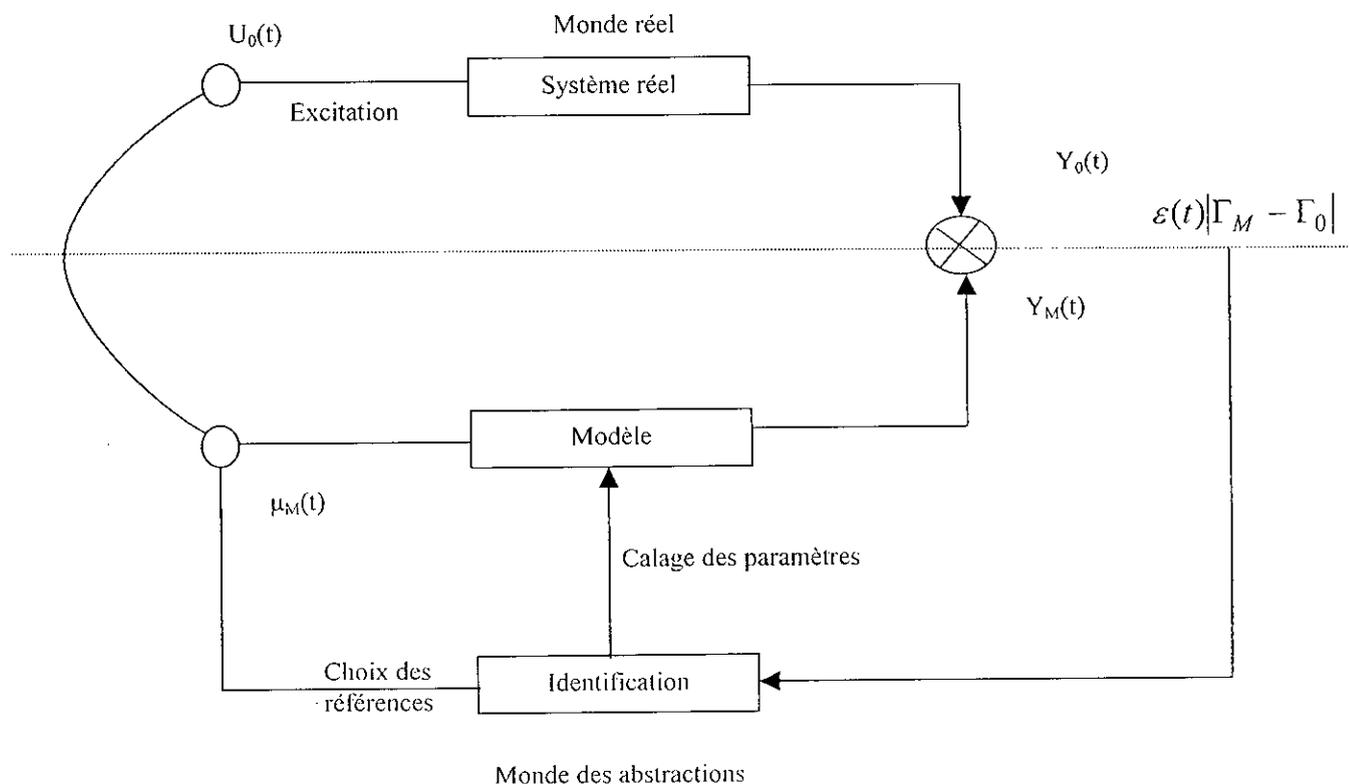
1.3 Les modèles hydrologiques :

Les modèles hydrologiques sont considérés comme des systèmes constitués par un ensemble abstrait (équation, relation, opération) conçu par l'homme afin de représenter tout ou une partie du comportement d'un système réel, c'est donc une construction formalisée dans les quelles il faut pouvoir distinguer :

- les variables : qui représentent des excitations et des réponses, et éventuellement l'état du système.
- Les paramètres : qui représentent la structure du système.
- Les relations : entrées variables (par l'intermédiaire des paramètres) qui représentent le comportement et qui sont exprimés sous une forme mathématique.

1.3.1 Méthodologie de modélisation en hydrologie :

La démarche fonctionnelle de la méthodologie de modélisation en hydrologie et ses principes essentiels sont résumés par la figure [Fig 1.3] :



Le but de cette démarche fonctionnelle est d'ajuster la structure du modèle par une procédure dite « identification » en comparant les réponses du système réel et du modèle en vue d'obtenir l'identité des réponses ou de réduire l'écart entre celles-ci (au-dessus d'un seuil acceptable).

I.3.2 Les étapes de l'élaboration d'un modèle hydrologique:

L'élaboration d'un modèle nécessite les étapes suivantes:

I.3.2.1 Caractérisation :

C'est l'étape fondamentale de la méthodologie du modèle, elle consiste à choisir le modèle à partir d'une analyse d'un phénomène hydrologique qui a pour objectifs :

- *De définir le phénomène hydrologique en tant que système ;*
- *De proposer les relations les plus aptes à représenter son comportement ,*
- *De déterminer les systèmes équivalents, dit modèles, capables de comportements semblables.*
- *Cerner les limites dans les quelles ses comportements peuvent être tenus pour identiques ou suffisamment « voisins ».*

I.3.2.2 Identification :

Cette étape consiste à attribuer des valeurs numériques qui correspondent au cas réel envisagé aux paramètres structuraux relatifs au modèle choisi au cours de la caractérisation. Cette étape est dénommée « calage » ou « calibration ». c'est une phase purement quantitative qui résume en terme mathématique : « minimiser » l'écart entre les réponses (calculées) du modèle, et les réponses observées du phénomène hydrologique en faisant varier les paramètres structuraux.

On distingue deux approches pour le calage:

a) La méthode directe :

Cette méthode consiste à donner des valeurs ou une répartition des paramètres structuraux, puis à calculer par le modèle. Les sorties correspondant aux excitations de référence, et à comparer ces sorties aux sorties réelles observées dans les mêmes conditions. Sur le plan mathématique, la méthode directe a l'avantage de se ramener

à une succession de résolution d'équations avec comme données les paramètres structuraux et les excitations, et comme résultats les réponses.

b) la méthode inverse:

Cette méthode, purement mathématique, consiste à déterminer par le calcul des paramètres structuraux « optimaux ». C'est à dire ceux qui minimisent l'écart entre la « sortie modèle » et la « sortie observée ».

I.3.2.3 Vérification :

Cette étape consiste à tester la capacité du modèle, en simulant le comportement du système pour des excitations autres que celles avec lesquelles il a été identifié, mais qui sont de même nature.

I.3.2.4 Exploitation

Cette étape ne pose théoriquement aucun problème dès lors que l'identification et la vérification ont été bien conduites.

I.4 Classification des modèles hydrologiques

Les modèles hydrologiques peuvent être classés selon les critères suivants:

I.4.1 Critère d'origine de la relation du comportement :

Si la modélisation vise à décrire le plus finement possible les mécanismes impliqués, la relation de comportement est dérivée directement d'une loi théorique générale appliquée au cas particulier du système, le modèle est dit théorique ou conceptuel.

Si la relation du comportement proposée n'est valable que pour le système étudié, le modèle est dit « empirique » ou de « comportement ».

I.4.2 Critère de nature des variables :

Si les variables sont explicitement considérées comme des variables aléatoires présentant une certaine distribution de probabilité, le modèle sera dit « stochastique » ou « probabiliste ».

Si les variables sont considérées comme présentant une valeur certaine le modèle sera « déterministe »

I.4.3 Critère de la Structure :

Si le modèle ne prend pas en compte la répartition spatiale d'aucune variables ou paramètres, le modèle est dit « global » dans le cas contraire le modèle est dit « distributif »

I.4.4 Critère d'objectif du modèle :

La classification des modèles hydrologiques selon les objectifs qu'ils prétendent atteindre est la suivante (WALLISER, 1977) :

I.4.4.1 Modèle de connaissance ou modèle cognitif

Un tel modèle a pour objectif de mettre en évidence l'effet de certains mécanismes internes dont on connaît a priori seulement le rôle général et éventuellement de recherche si d'autres phénomènes peuvent intervenir, c'est presque toujours un modèle conceptuel.

I.4.4.2 Modèle de comportement ou modèle descriptif :

Au contraire, ce type a surtout pour ambition de représenter aussi précisément que possible le comportement d'un système souvent même en voulant ignorer l'analyse des mécanismes internes reconnus trop complexes, c'est donc le plus souvent un modèle boîte noire, on le veut aussi en général prévisionnel.

I.4.4.3 Modèle de prévision ou modèle prévisionnel :

Un tel modèle a pour fonction d'inférer le comportement d'un système dans les situations non encore observées.

Il faut distinguer entre la représentation de situation bien définie dont la date n'est pas précisée en «simulation», et la date précisée à partir des seules connaissances actuelles «prévision ».

I.4.5. Modèle de projet ou modèle normatif :

C'est le modèle d'un système en projet. Donc qui n'existe pas encore, il doit permettre d'arrêter les dimensions de la réalisation envisagée, il doit évidemment reproduire l'essentiel des comportements du système, mais surtout tous les paramètres dimensionnels.

CHAPITRE II

PREVISION DES PRECIPITATIONS

II-1 Introduction :

Les déficits et excédents de précipitations (sécheresses-inondations), les fortes pluies d'orages dans les régions très urbanisées ont, sur les activités humaines, des conséquences souvent dommageables. Les organismes qui ont en charge la sécurité civile, l'assainissement pluvial, l'annonce des crues, la protection des végétaux, la sécurité routière, attendent des services de la météorologie des informations qui leur permettent de mettre en œuvre, en temps opportun, les moyens de prévention et d'intervention dont ils ont la maîtrise.

L'effet prévisible des précipitations dont l'intensité et la répartition spatiale sont connues ou prévues dépend de nombreux facteurs parmi lesquels on peut distinguer les indicateurs de l'atmosphère (Température, pression, vent, humidité, ...), même les caractéristiques physiques du bassin versant, l'état du couvert végétal et le degré de saturation des sols.

Il y a les prévisions à courte échéance (< 5 jours) qui sont directement données par les modèles dynamiques, et les prévisions à long échéance (≥ 1 mois) qui peuvent être déterminées par les modèles statistiques, et qui sont jusqu'à présent mal définies.

II-2 Les prévisions a courte échéance :

Les prévisions à courte échéance relèvent de la simple extrapolation assortie des considérations sur l'évolution des phénomènes météorologiques.

II-2-1 Elaboration des prévisions :

La prévision des précipitations découle de la prévision météorologique ou le temps. Ceci peut être élaborée à partir de l'analyse de la carte météorologique. La prévision du temps se décompose en deux étapes : Une première qui est la prévision

de l'évolution des grandes ensembles synoptiques, et une deuxième qui est grâce aux conclusions tirées à la première de prévoir effectivement le temps qu'il va faire.

II-2-1-1 Prévision de l'évolution synoptique :

Parmi les méthodes utilisées, il y a quatre plus courantes :

A- L'extrapolation : Cette méthode consiste à extrapoler l'évolution antérieure à partir de situations passées.

Il est reporté sur une carte météorologique les positions et les valeurs d'une dépression à H-12 et H-16. Compte tenu de la position et la valeur de cette même dépression à H, le météorologue en extrapole la position et la valeur à H+6.

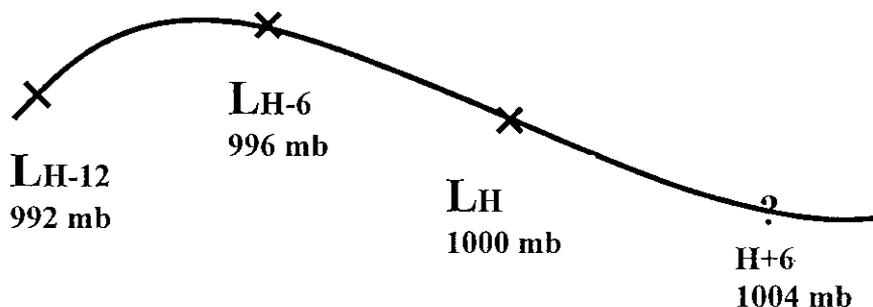


Figure -II.1- Déplacement d'une dépression (Interpolation).

B- Règles synoptiques et modèles mathématiques :

Les recherches dans le domaine ont permis d'établir certaines règles et modèles mathématiques. Certaines de ces règles sont basées sur la carte de surface ou sur les cartes d'altitudes (700 millibars, 500 millibars).

C- Analogie avec le comportement passé de l'atmosphère :

Il est fort difficile d'estimer objectivement la valeur de cette méthode, mais avec l'évolution de la climatologie permet de tirer profit des leçons du comportement passé de l'atmosphère.

D- Théories physiques :

L'atmosphère obéit aux lois physiques et il est évident que la physique intervient dans la prévision de l'évolution synoptique, notamment dans les variations des caractères des masses d'air.

II-2-1-2 Prévision du temps :

La prévision du temps consiste en combinaison de celle de l'évolution synoptique avec les observations, c'est-à-dire préciser le caractère particulier que prendront les variables météorologiques sur la région intéressée pendant la période de validité de la prévision. La géographie de la région et la climatologie sont également deux éléments dont il faut tenir compte.

II-2-2 Validité des prévisions :

La méthode de prévision qui est exposée est universellement reconnue et adoptée, mais qui s'applique uniquement aux prévisions à brève échéance,

C'est-à-dire des prévisions valables pour 24 heures, au maximum 36 heures.

II-2-3 Les modèles numériques de prévision objective de l'apport hydrique :**II-2-3-1 Caractéristique d'un modèle numérique :**

Un modèle numérique de prévision permet de calculer les paramètres caractérisant l'état de l'atmosphère (pression, température, humidité et vent) à un instant futur connaissant la valeur de ces paramètres à un instant initial.

L'hypothèse de base, utilisée depuis la première tentative réalisée par RICHARDSON en 1922 est la suivante :

L'atmosphère est considérée comme un fluide régi par les lois classiques de la mécanique et de la thermodynamique, recevant et dissipant de l'énergie de diverses manières. Comme le système d'équations à répondre n'a pas de solution analytique

connue, le modèle repose sur des approximations numériques traitables à l'ordinateur.

Un exemple de l'état initial du modèle de prévision est défini à partir du réseau d'observations qui comporte :

- Des observations synoptiques réalisées près de la surface en 2000 points environ pour l'hémisphère nord, à 00, 06, 12 et 18 TU (Temps Universel).
- Des mesures, suivant la verticale, de la pression, de la température, de l'humidité et du vent, en 800 stations dans le monde dont 500 pour l'hémisphère nord à 00 et 12 TU.
- Des mesures, [suivant la verticale, de la pression, de la température, de l'humidité]
- Des mesures, suivant la verticale, du vent seul en 70 points environ.
- Enfin, des observations diverses effectuées par des navires, des avions et des satellites.

A partir de toutes les observations reparties de manière très irrégulière, tant dans l'espace que dans le temps, on calcul de nouvelles données correspondantes aux nœuds d'une grille tridimensionnelle et à des instants précis.

Les valeurs des paramètres à l'instant initial D étant ainsi définies aux nœuds de la grille, le modèle de prévision les calcule à l'instant $D+Dt$, Dt étant le « pas de temps » (4 ou 8 minutes selon le modèle).

Ces valeurs de température, pression, vent et humidité calculées en tous les nœuds de la grille servent de données initiales pour une nouvelle prévision à l'instant $D+ 2Dt$. Ainsi, par pas de temps successifs de durée Dt , on atteint l'échéance recherchée.

II-2-3-2 Les différents modèles :

La prévision locale du temps prend en compte des phénomènes couvrant un spectre très étendu.

La météorologie vient de mettre en service opérationnel, en janvier et février 1985, deux nouveaux modèles de prévision développés récemment.

Le premier, dénommé « EMERAUDE », couvre l'hémisphère nord ; il permet de déterminer la prévision à l'échelle synoptique qui décrit les grandes lignes de la circulation des masses d'air atmosphériques (ERNIE, et COIFFIER, 1984).

Le deuxième dénomme « PERIDOT », est appliqué sur un domaine atmosphérique (1700 Km * 1700 Km).

L'objectif principal est la prévision des précipitations et des paramètres météorologiques dans la couche limite atmosphérique (PHAM et ALL..1983).

Les caractéristiques principales de ces deux modèles sont résumées dans le tableau suivant :

	EMERAUDE	PERIDOT
	<i>Spectral</i>	<i>Equations primitives</i>
Domaine	<i>Hémisphère nord</i>	<i>Centre sur la France (1700 * 1700 Km²)</i>
Coordonnée Verticale	<i>Coordonnée hybride (σ, p)</i>	<i>Coordonnée $\sigma = \frac{\text{Pression}}{\text{Pression sol}}$</i>
Nombre de Niveaux	<i>15 irrégulièrement espaces</i>	<i>Idem, plus resserrés dans basses couches</i>
Dimension maille Horizontale	<i>120 Km à 450 N</i>	<i>35 Km à 450 N</i>
Pas de Temps	<i>18 Minutes</i>	<i>4 Minutes</i>
Paramétrisations Physiques	<i>'00 TU' : Frottement au sol • Rayonnement • Convection • Changement état eau Précipitations</i>	<i>IDEM</i>
Réseau Initial	<i>00TU : 12 TU</i>	<i>00TU</i>
Echéance	<i>96 heures : 48 heures</i>	<i>36 heures</i>
Relief le plus haut Sur les Alpes	<i>1500 mètres</i>	<i>3200 mètres</i>

Tableau II.1 Caractéristiques des modèles exploités

Le modèle PERIDOT est couplé au modèle EMERAUDE toutes les 6 heures, ce qui implique que les conditions aux limites sur les frontières du modèle PERIDOT sont fournies par le modèle à large maille. L'initialisation de PERIDOT est faite sur un pas d'espace détaillé utilisant les données du sondeur vertical de température de TIROS-N-groupe de satellites à orbite polaire.

Au niveau de la technique numérique, le modèle PERIDOT utilise la méthode classique de calcul en points de grille. Le modèle hémisphérique EMERAUDE utilise la méthode spectrale qui permet de tenir compte de la structure locale des champs ainsi que leur continuité autour du globe terrestre.

Les tailles de la maille de calcul des modèles, le choix des variables pour lesquelles se fait le calcul temporel, empêche de prendre en compte certains phénomènes importants soit parce que la dimension est trop petite, soit parce que les équations s'y prêtent mal. Les météorologistes ont fait recours à la paramétrisation de certains processus du cycle énergétique de l'atmosphère. Cette paramétrisation est appelée « physique » par opposition aux phénomènes « dynamiques », décrits explicitement à partir des équations d'évolutions. Paramétrer signifie prévoir à partir des variables « dynamiques » l'influence moyenne que les phénomènes « physiques » auront sur l'évolution de la situation atmosphérique dans chacune des mailles considérées.

II-2-3-3 Description de l'eau dans un modèle numérique :

Pour la prévision des précipitations, il faut distinguer les phénomènes de grande dimension qui peuvent être traités explicitement par le modèle (pluie de type frontal ou orographique) et ceux qui ont une taille inférieure à la maille de calcul (pluie de type convectif).

A- PRÉCIPITATIONS FRONTALES :

La condensation se produit quand le rapport de mélange de vapeur d'eau r atteint le rapport de mélange saturant r_w . Dans l'intégration numérique du modèle, on suppose dans un premier temps que la vapeur d'eau se conserve et on calcule une première estimation r' du rapport de mélange à l'instant $t + \Delta t$.

L'intégration de l'équation d'énergie fournit aussi une première estimation T' de la température.

La comparaison de r' au rapport de mélange saturant $r_w(T')$ donne :

- Si $r' \leq r_w$, il n'y a pas eu condensation et on conserve les valeurs obtenues.

- Si $r' > r_w$, il y a eu condensation. On cherche alors de nouvelles valeurs r'' et T'' telles que :

$$r'' = r_w(T'') \quad (1).$$

$$C_p = (T'' - T') = L(r' - r'') \quad (2).$$

Avec C_p : Chaleur spécifique à pression constante.

L : Chaleur latente de condensation.

L'équation (1) indique la saturation, l'équation (2) rend compte l'échauffement de l'air correspondant au dégagement de la quantité de chaleur $L(r' - r'')$ par transformation en eau liquide de la quantité $(r' - r'')$.

Pour chaque couche du modèle, une quantité d'eau liquide est ainsi calculée. Un Schéma de précipitations (ROUSSEAU-1981) redistribue cette eau liquide en tenant compte de son éventuelle vaporisation lors de la précipitation. Le calcul est effectuée en commençant par couche supérieure du modèle et en procédant de haut en bas.

On obtient au sol sous forme des précipitations, l'eau qui a été condensée en altitude mais qui n'a pu être évaporée entre le niveau de condensation et le sol.

Ce calcul est effectué pour tous les points de la grille et à chaque avance dans le temps.

B- PRECIPITATION CONVECTIVES :

Les phénomènes convectifs sont matérialisés dans l'atmosphère par des nuages cumulés formés et par des précipitations sous forme d'averses. Ils ont des dimensions trop faibles pour être explicitement décrits par les modèles actuels de prévision. Sous l'effet d'une grande surface de bas vers le haut de l'atmosphère, l'énergie et l'humidité, le seuil de condensation peut être atteint à certains niveaux.

Ce processus donne lieu à l'occurrence d'une précipitation qualifiée de convectif et comptabilisée pour la prévision.

II-2-3-4 Les résultats des modèles numériques :

Pour des échéances comprises entre 12 et 96 heures, les documents graphiques qui ont été élaborées sont :

- Les champs de géopotentiel, température et vitesse verticale à différents niveaux de l'atmosphère (850, 700 et 500 mbar).*
- Le champ de pression au sol.*
- Le champ d'humidité dans les basses couches de l'atmosphère (entre 800 et 600 mbar).*

L'analyse de ce différents champs prévus, complétés par les dernières observations disponibles permette de faire une prévision quantitative des précipitations.

Pour mémoire, des précipitations, issues des modèles de prévisions dynamiques sans adaptations statistiques, sont fournies sous la forme de hauteur d'eau, aux points de la grille de calcul du modèle ou lame d'eau, cumulée sur 6 ou 12 heures. L'estimation de la lame d'eau prévue sur chaque bassin est faite par la méthode de THIESSEN (1911), à partir des valeurs prévues par le modèle en chaque point, de grille.

II-2-4 Méthode des situations analogues :

Cette méthode développée et utilisée à l'électricité de France, est opérationnelle depuis plus de 10 ans (DUBAND, 1981). Elle a pour but de calculer une prévision stockastique de hauteur de pluie sur 33 bassins-versants des Alpes, du Massif Central, des Pyrénées, et du Jura.

Une analyse en composantes principales appliquée à la moyenne arithmétique des précipitations journalières observées en 4 à 10 stations situées sur un même bassins-versant, a permis de définir six noyaux pluviométriques homogènes. Avec l'équation de régression multiple, on peut calculer la hauteur des précipitations sur chacun des 33 bassins en fonction d'un ou plusieurs noyaux.

Les données de bases sont constituées par les altitudes des surfaces 1000 et 700 mbar ainsi que les épaisseurs 1000-700 mbar en 37 stations de radio soudage de L'EUROPE occidentale depuis 1953 ; Trois fichiers saisonniers ont été définis ; pour chacun de ces fichiers, une analyse en composantes principales a permis de condenser l'information et de ne retenir que les six premières composantes.

La première sélection des situations météorologiques analogues successivement à la situation à l'instant t , du lendemain à $t + 24h$, se fait par exploration séquentielle du fichier historique, dans une boule de proximité de rayon D , dans l'espace à 6 dimensions du champ de géopotentiel à 700 mbar, on impose alors une contrainte supplémentaire en calculant le coefficient de corrélation R entre les six premières composantes principales des champs à 700 mbar, 1000 mbar et du champ des épaisseurs 1000-700 mbar de la situation du jour (ou prévue) avec les composantes de la boule de proximité. Seules les situations pour lesquelles le rapport D^2 / R^2 est inférieur à un seuil donné sont retenues : ce sont les situations analogues.

- Si le nombre d'analogues est supérieur à 16, on calcule par moindres carrés, pour chaque noyau, l'équation de régression entre les précipitations et les variations en 24 heures des composantes du champ à 1000 mbar.

- Si le nombre d'analogues est inférieur à 16, la moyenne et l'écart type des pluies sont calculés à partir de ces analogues.

Dans les deux cas, les valeurs des précipitations prévues associées aux probabilités 50%, 10%, et 90% sont déterminées. La méthode est appliquée de façon opérationnelle pour les prévisions des précipitations pour 2 échéances (le jour et le lendemain).

Depuis 5 ans, une méthode plus simple de régression a été mise en œuvre ; les données de base sont les mêmes que précédemment ; le principe consiste à établir les équations de régression entre chaque noyau et la pluie de la veille ainsi que les composantes principales du champ d'épaisseur 1000-700 mbar, du champ à 1000 mbar et des variations en 24 heures de ce champ sur l'ensemble du fichier et par saison.

II-2-5 Difficultés et incertitudes des prévisions :

Les difficultés et l'incertitudes de la prévision du temps sont d'ordres différents. Il faut admettre des limitations scientifiques, et aussi techniques, car d'une part, le réseau des stations d'observation présente encore de grandes lacunes (mesures non continues, instruments imprécis), et, d'autre part, le météorologiste ne peut plus assimiler l'ensemble des observations et des lois météorologiques qui lui sont fournies.

Il est normal, qu'au fur à mesure que l'intervalle de temps augmente ou que la zone s'agrandit, la prévision devient plus difficile, plus incertaine et prend progressivement une forme moins précise et plus schématique. Pour les prévisions à trois jours, la réussite est de 80% alors que pour un jour le pourcentage d'exactitude se situe entre 90 et 95%.

II-3 Prévisions a long échéance :

II-3-1 Introduction :

Pour prévoir les précipitations à plus longue échéance, une méthode réalisable, mais délicate, consisterait à rechercher dans les annales du temps passé une situation aussi semblable que possible à celle du moment et en fonction du temps qu'il a fait dans le passé, en déduire le temps qu'il sera les prochaines jours.

Beaucoup d'efforts sont cependant été consacres dans la recherche de relations tels que : phénomènes influençant la circulation générale, configuration de la circulation générale, caractère générale du temps dans telle ou telle région, ...etc.

Ces relations peuvent être utiles comme auxiliaires dans un système de prévisions mais ils ne peuvent jamais constituer la prévision proprement dite. Parmi les procédés parfois utilisés citons les ondes de pression et points de symétrie, les singularités climatiques, les relations entre les paramètres météorologiques et des fluctuations dans l'émission de l'énergie solaire (taches solaire, facules, valeurs de la constante solaire).

A partir de nombreuses vérifications, la qualité d'une prévision avec les modèles dynamiques diminue quand s'allonge l'échéance. Le délai d'une semaine paraît

jusqu'à présent un maximum. En outre, les temps de saison froide, sous les moyennes latitudes, se prêtent mieux à la prévision que les temps de saison chaude. Pour les longs échéances, les recherches se basent sur la prévision numérique qui devient sous ses multiples aspects l'un des pôles de la recherche en météorologie.

Le problème de la prévision numérique est un problème mathématique, qui consiste à réunir un jeu suffisant d'équations reliant les paramètres dont on veut fixer l'évolution, notamment la pression, la température, le vent, la précipitation. Les trois premiers paramètres sont déterminés à plusieurs niveaux, dont le nombre s'élève avec le degré de perfection de la méthode utilisée.

II-3-2 Les supports de la prévision mensuelle :

Les précipitations mensuelles pourraient être corrélatées à des variables suivantes :

- A. Indicateurs qui caractérisent l'état de l'atmosphère et/ou l'océan durant la période ou le mois d'intérêt (à analyser leurs comportements ou leur évolution dans l'espace et dans le temps et ce pour des années réputées extrêmes).*
- B. Paramètres météorologiques au sol et altitude.*
- C. Paramètres précipitations sur la zone à étudier.*
- D. Les données de la température de surface de l'océan.*

II-3-3 Impact de la dépression saharienne sur les prévisions saisonniers :

Il est possible de faire la prévision à un pas de temps aussi important que le mois, par exemple à un pas de temps saisonnier. Mais cette fois-ci, on doit avoir plus les indicateurs qui caractérisent l'état de l'atmosphère et /ou l'océan durant une période précède la saison d'intérêt. Il y a aussi d'autres paramètres qui peuvent intervenir dans le système prévisionnel « Saisonnier », d'une façon directe ou indirecte, et sa fiabilité ne peut être déterminée qu'après l'évaluation des résultats.

A cet égard, pour le cas du bassin méditerranéen, et au Nord de notre pays, les chercheurs dans le domaine incluent l'impact possible de la dépression saharienne, en se basant sur les considérations scientifiques suivantes :

- Le bilan thermodynamique de la dépression saharienne
- Le Sahara est une région déficitaire du point de vue radiatif.
- Des cyclones sont identifiés dans la région saharienne, et certaines ont un effet sur la pluviométrie.
- Déplacement de la saison pluvieuse sur l'Ouest Algérien au cours de la période 1960-1990 par rapport à la période 1930-1960.

II-3-4 Modèle de prévision statistique :

A. Données de précipitations ou le predictand :

Représentation des cumuls des précipitations dans l'espace et dans le temps.

- Au point de mesure :
 - * Rapport à la normale $R_n = R_R / N$
 - * Rapport à l'anomalie à la normale : $R_{an} = (R_R - N) / N$.
- Au point de vue spatial : ils considèrent soit :
 - * La valeur du rapport en une station représentative d'une zone.
 - * La moyenne régionale d'un ensemble homogène plusieurs stations.

B. Les prédicteurs :

Les prédicteurs à analyser sont :

- a) En surface : seront considérées les caractéristiques de la circulation atmosphérique à grande échelle, intéressant notre région.
 - * Position (intensité) des centres d'actions principaux et secondaires.
 - * Intensité de l'oscillation Nord atlantique.
- b) En altitude (500hla) seront considérés particulièrement les positions et intensités des talwegs principaux et secondaires.
- c) Analyser la température de surface de l'océan et ses anomalies mensuelles et saisonnières.

C. Programme provisoire à développer :**a. Corrélation entre indicateurs et précipitations :**

Le modèle statistique consiste à lier la température de surface de l'océan (SST) et/ou d'autres prédicateurs potentiels (caractéristiques moyennes de champ météorologique) à la précipitation sur la zone considérée.

b. Définition des indicateurs :

- Paramètres des précipitations à utiliser
- Oscillation Nord atlantique (NAO - INTENSITE - DIRECTION)
- Oscillation méditerranéenne
- Position et intensité des talwegs principaux (500 mbar)
- Position et intensité du front polaire en surface.
- Position et intensité de la dépression saharienne.
- Température de surface de l'océan (SST)
 - * Corrélation SST / champs des pressions
 - * Corrélation SST / Champs des précipitations
 - * Corrélation indicateurs / champs de pressions / précipitations

c. Méthodes analogues :

Le problème est de chercher un modèle qui permet de retrouver des champs moyens analogues.

II-3-4-1 Principe :

1- Calculer le champ moyen du géopotentiel (700 mbar-500 mbar) mensuel et saisonnier de l'année en cours et on cherche dans l'histoire les champs qui lui ressemblent le plus, c'est-à-dire les analogues . Parmi les analogues qu'on peut retenir, on prend celui dont la distance est minimale. La meilleur analogue, la date (mois ou saison et l'année) de ce dernier permet de déterminer à partir du fichier climatologique :

- L'occurrence des précipitations.
- Les quantités des précipitations.

La recherche des analogues se fait en calculant la distance minimale (distance euclidienne ou angulaire) entre les points de grille du champ moyen actuel (mensuel et saisonnier) et les points de grille du champ du fichier historique.

Pour analyser statiquement les corrélations entre les précipitations mensuelles et saisonnières et la T.S.O (SST). On doit trouver des relations de régression entre la température de surface de l'océan et les précipitations sur le Nord d'Algérie.

** Les fichiers nécessaires :*

- Champ des précipitations sur la période existante à l'échelle mensuelle et saisonnière

** Fichier prédateurs :*

- Champs mensuels et saisonniers de TSO à prendre en compte.*
- Champs géopotenciel surface 700 et 500 mbar.*

Les outils statistiques devant être utilisés pour établir et analyser les différentes relations sont les méthodes universellement connues :

- Analyse en composantes principales.*
- Analyse canonique.*
- Régression multiple.*

CHAPITRE III

PRESENTATION ET TRAITEMENT DES PARAMETRES METEOROLOGIQUES

III.1. Généralités

La prévision à longue échéance de l'état pluviométrique d'une région donnée permet d'assurer une gestion efficace des ressources en eau et d'améliorer la planification des activités et des opérations agricoles. Beaucoup de travaux scientifiques sur la climatologie des régions tropicales ont démontré qu'en zone tempérée, les précipitations sont pilotées à grande échelle par les anomalies de la température de la surface océanique. Nous voulons dans ce qui suit connaître l'importance de l'influence de la température de la surface de l'océan (SST.) sur les précipitations du Nord Algérien. Les paramètres météorologiques nécessaires, à une telle étude sont la température de la surface de l'océan et l'indice régional de précipitation.

Donc le but de notre étude est de chercher des liaisons statistiques entre une variable à expliquer ou prédicteur qui est l'indice de précipitation régional et une variable explicative ou prédicteur qui est la SST (les anomalies mensuelles des champs SST).

III.2. Température de la surface de l'océan (SST) : (Fichier prédicteur)

Les océans couvrent 70% de la surface terrestre et semblent constituer un mécanisme de régulation et de stockage thermique très important qui détermine en grande partie les propriétés du climat terrestre. Leur masse totale représente environ 300 fois celle de l'atmosphère et leur capacité thermique est environ 100 fois plus élevée. En particulier, les variations saisonnières du climat tropical sont une conséquence directe des modifications de la SST. On peut dire aussi que le climat méditerranéen est indirectement influencé par la température de la surface de l'océan

Atlantique. C'est pour cela que la SST peut être considérée comme étant un prédicteur du régime pluviométrique.

III.2.1. Domaine d'étude de la SST :

Malgré la séparation par le détroit de Gibraltar, la mer Méditerranéenne subit une très forte influence de la part de l'océan Atlantique, mais les variations observées sur la température de surface de la méditerranée restent relativement faible par ailleurs. De ce fait, notre région d'étude concerne le domaine océanique influant sur la zone méditerranéenne en général et le Nord d'Algérie en particulier. Cette région définie par le champ de température de la surface de l'océan, est très grande. Elle englobe les côtes africaines à l'Est et les côtes américaines à l'ouest. Les fichiers de la température mensuelle de la surface de l'océan Atlantique ont été élaborés par J.Servain (université de Bretagne), sur une période de 39 ans allant de 1950 à 1989, ceci pour une grille de 38 x 25 points de grille avec une résolution spatiale 2° x 2°. Ce fichier a été mis à la disposition de l'O.N.M. par le Centre National de Recherche Météorologique (CNRM) de Météo-France. Un autre fichier couvrant le globe pour la période (79 - 94) a été fourni par le NCEP (National Center for Environmental Prediction, Etats Unis). Nous avons alors extrait de ces deux fichiers, des données mensuelles de la SST qui couvrent la période 1950/1990 relevées au point de grille 6° x 6°, en considérant le domaine limité par 29° Nord et 19° Sud en latitude, 59° Ouest et 15° Est en longitude (voir fig. (III.1)). Pour des commodités de calcul, nous avons choisi la résolution spatiale de façon qu'elle soit de 6° x 6°, ce qui donne 76 valeurs par champs mensuels.

Latitude

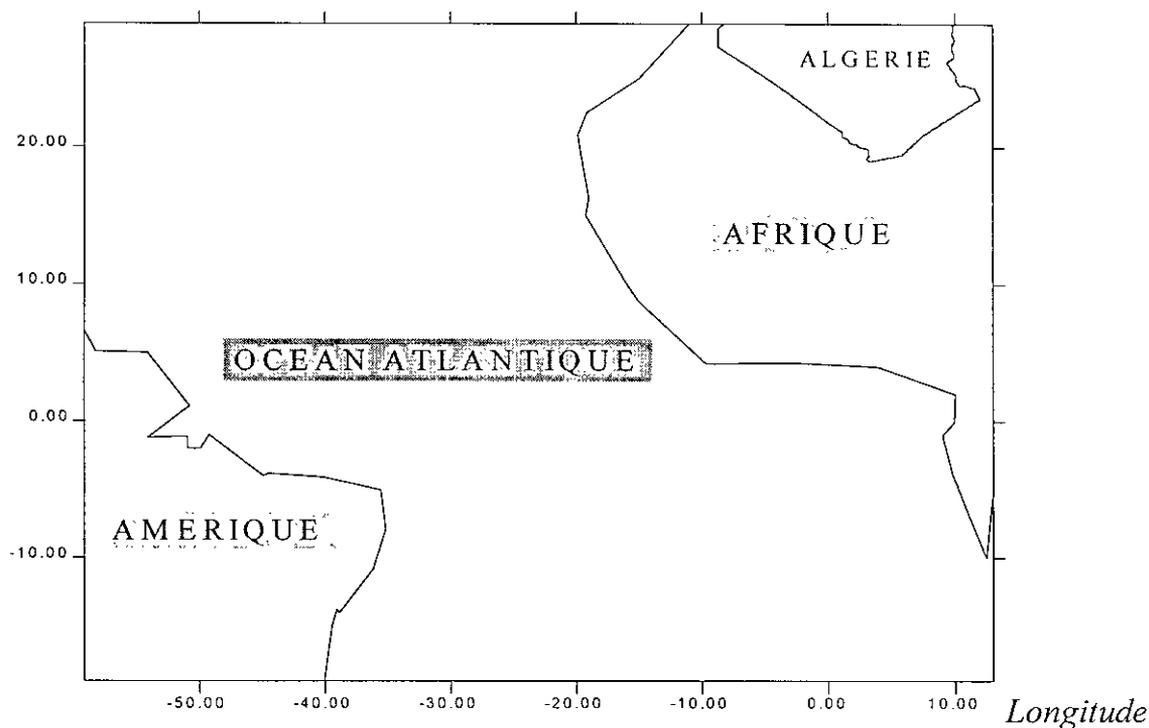


Fig (III.1) :Domaine d'étude de la température de surface de l'océan.

III.3. Les précipitations:

III.3.1. Répartition des pluies en Algérie :

Les précipitations sont caractérisées par la quantité de pluie qui tombe pendant un laps de temps donné sur une surface donnée. Cette quantité est mesurée en millimètre. C'est un paramètre très important dont l'exploitation a fait l'objet de plusieurs études portant sur les prévisions mensuelles ou saisonnières. La pluviométrie moyenne annuelle sur le littoral algérien augmente d'Ouest en Est [Fig III.2]. Elle varie de 400 mm à l'Ouest jusqu'à 1200 mm sur Les massifs Djidjelléens. Plus de 70 % de ces précipitations se produisent le plus souvent entre les mois de Novembre et Février. Elles constituent moins de 5% durant l'été. Sur les hautes plaines et l'Atlas Saharien, les précipitations sont faibles. Elles s'y produisent d'une façon irrégulière. Les orages constituent une part importante des pluies que recouvrent ces régions. Au Sahara, les pluies sont rares en Automne et en Hiver. Par contre, elles sont plus fréquentes au-dessus du Hoggar et du Tassili qui subit l'influence de la mousson en été. Dans ces régions, l'intensité de pluie est de

50 mm / an. Une autre caractéristique essentielle des pluies sur le Nord est la concentration de celles-ci pendant l'Hiver.

III.3.2. Réseau de stations pluviométriques:

Les fichiers de données de précipitations que nous avons utilisés, ont été extraits de la banque de données du Centre Climatologiques National (CCN) de l'Office National de Météorologie (O.N.M) dont le siège est à Dar El beida. Ces données concernent quarante quatre stations couvrant tout le nord du territoire national réparties en six régions homogènes obtenues en optimisant la répartition spatiale (voir fig. (III .3).

Ce découpage est celui adopté dans les analyses mensuelles que présente et publie dans ses bulletins périodiques le Centre Climatologiques National (CCN) de l'Office National de Météorologie. Ce découpage permet de réduire les disparités existant d'une station météorologique à l'autre. Il est basé sur l'identification de régions de précipitations relativement homogènes au cours des six dernières décennies, c'est à dire la période allant de 1930 à 1990.

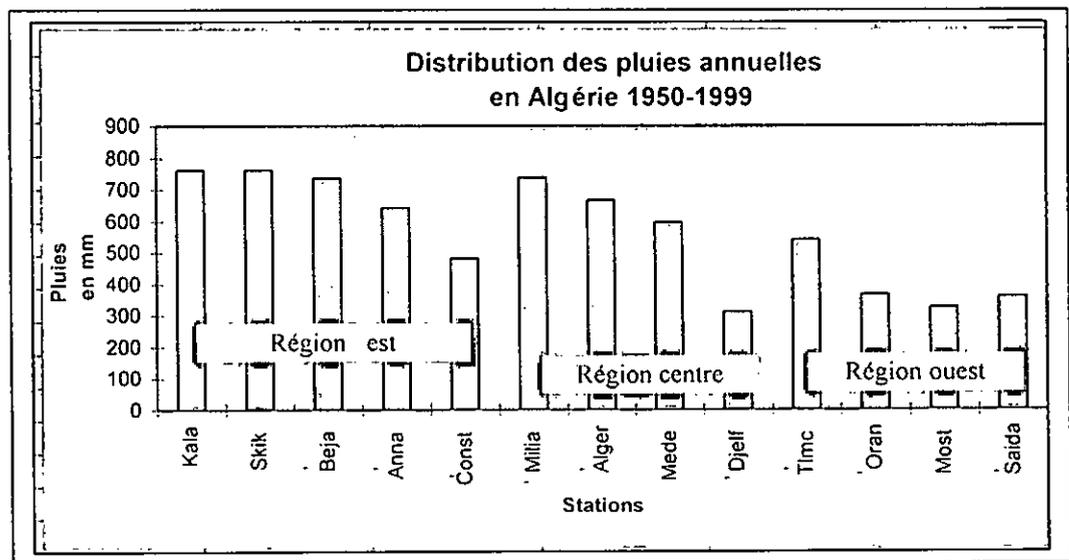


Fig III.2

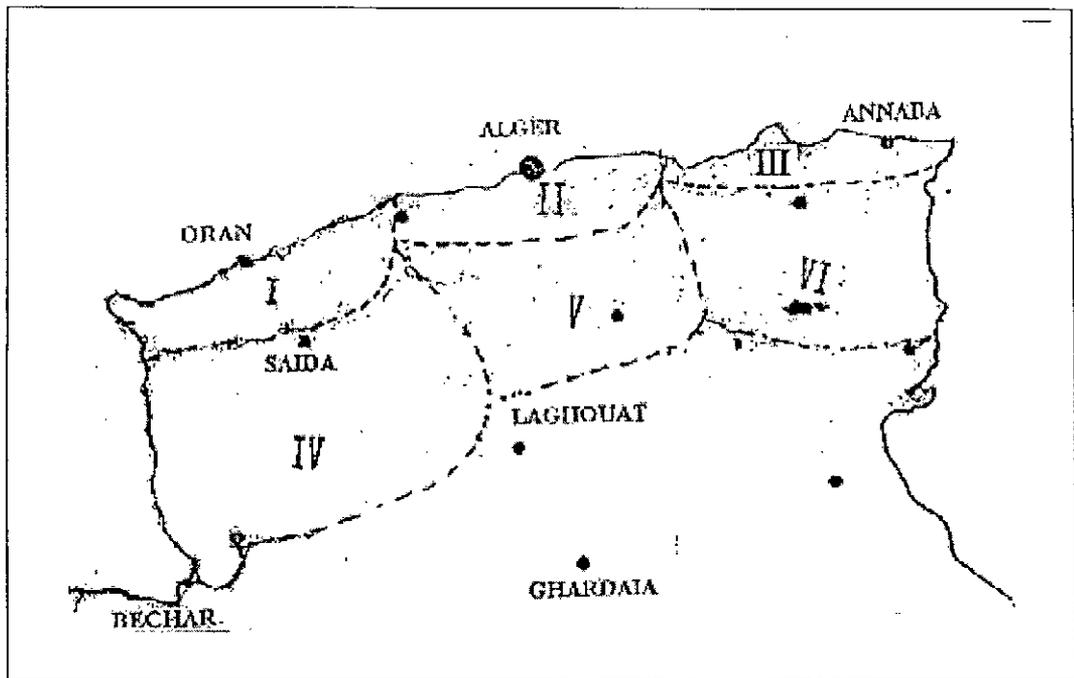


Fig III.3

III.3.3. Le Contrôle de qualité des données:

Le traitement des informations en climatologie impose avant toute étude ou interprétation, un important travail de contrôle et de comparaison des données. En particulier, dans le cas des précipitations, des tests d'homogénéité des séries de mesures sont nécessaires. En outre, il faudrait combler les lacunes dans les fichiers de données. Malgré toutes les précautions que prennent les services de climatologie pour rendre ces séries les plus fiables possibles avant leur utilisation, des erreurs peuvent toujours subsister et influencer sur les résultats de mesure. Ceci exige des contrôles fins en vue d'une bonne vérification de la qualité et de la fiabilité des données de base. En ce qui concerne notre étude, dans laquelle sont utilisées les valeurs mensuelles de précipitations, les fichiers de données de pluies ont été déjà contrôlés et traités par le service de climatologie de l'O.N.M.

III.3.4. Indice régional de précipitations : (Fichier Prédicand)

Dans notre étude, nous nous intéressons à la partie Nord de l'Algérie qui est essentiellement à vocation agricole où les cultures pluviales sont prédominantes et où

la menace de désertification existe; cependant, nous avons subdivisé cette partie de l'Algérie en trois zones :

Zone 1 : Région Ouest.

Zone 2 : Région Centre.

Zone 3 : Région Est.

Pour chacun de ces régions, nous avons calculé l'indice régional de précipitation (I) dont l'expression générale est :

$$I = [(RR - RR^0) / RR^0] . 100 \quad (III - 1)$$

Où RR est le taux mensuel des précipitations obtenues à l'échelle régional et RR^0 , sa moyenne à l'échelle mensuelle. RR^0 est donné par l'équation :

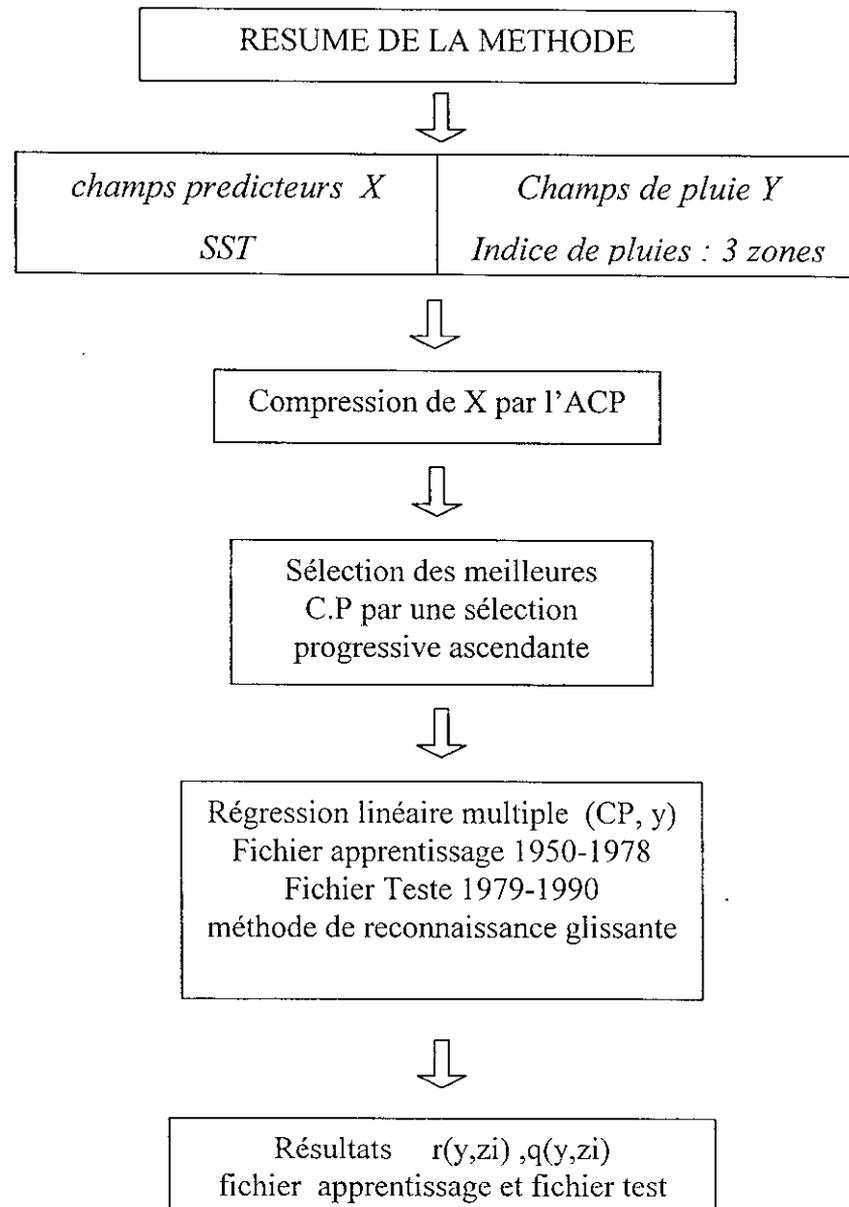
$$RR^0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i \quad (III - 2)$$

r_i représente le taux mensuel de précipitation mesuré à la station i de la région considérée et n représente le nombre de station constituant cette région.

III.4. Méthodes de traitement :

Les différentes techniques employées pour chercher une liaison statistique significative entre une variable à expliquer (Prédicand) qui est l'indice de précipitation régional et une variable explicative (prédicteur) qui sont les anomalies des champs SST sont :

- L'Analyse en Composantes Principales (ACP)
- La Sélection des Prédicteurs (Méthode progressive ascendante) .
- Méthode de régression linéaire multiple (Méthode de reconnaissance glissante).

III.4.1. Organigramme de la méthode :**III.4.2 Analyse en composantes principales (ACP)**

L'analyse en composantes principales a trois objectifs principaux. Le premier objectif consiste à remplacer les variables initiales qui sont généralement corrélées, par des variables non corrélées. Le second revient à réduire autant que possible le nombre de variable à prendre en considération et le troisième est de donner une interprétation particulière aux composantes les plus importantes parmi les variables initiales.

III.4.2.1. Principe de la méthode:

Dans la pratique, on est confronté le plus souvent à des fichiers composés de variables à grandes dimensions. Ces variables peuvent être représentées par le vecteur X tel que :

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_N] \quad (\text{III} - 3)$$

Le vecteur X représente une masse énorme d'information. Ainsi, il faudrait procéder à une condensation de cette dernière en introduisant une nouvelle base de données définie par le vecteur Z tel que le nombre M de nouvelles variables soient inférieurs au nombre initial N . On a alors :

$$Z = [z_1, z_2, \dots, z_M] \quad (\text{III} - 4)$$

avec $M < N$

Le passage de la base de vecteurs X à la base de vecteurs Z se fait par le biais d'une transformation orthogonale exprimée sous forme d'une matrice A . D'où:

$$Z = AX \quad (\text{III} . 5)$$

Il résulte de cette transformation, deux propriétés essentielles qui sont:

* Les variables $[z_1, z_2, \dots, z_M]$ générées sont décorréées, c'est à dire que la matrice de covariance du nouveau système est diagonale.

* La variance totale associée aux variables initiales X , est conservée dans les nouvelles variables Z et elle est redistribuée sur celles-ci de façon que la plus grande proportion se retrouve dans les premières composantes.

La procédure de détermination des composantes principales consiste donc à trouver la matrice de transformation A . Cette procédure débute par le calcul de la matrice

'variance-covariance'. Les matrices de covariance qui lient les processus aléatoires d'entrée X et ceux de sortie Z sont de la forme :

$$\begin{aligned} V_y &= E(Z Z^T) = E[A.X.(A.X)^T] = E(A.X.X^T.A^T) \\ &= A[E(X.X^T)].A^T = A V_x A^T \end{aligned} \quad (III - 6)$$

E est l'espérance mathématique et V_x est la matrice de covariance associée au processus X .

Comme les variables à générer sont décorrelées et sont de variance décroissante, la matrice 'variance-covariance' V_y est une matrice diagonale dont les éléments diagonaux sont classés dans l'ordre des valeurs décroissantes. Pour montrer que V_y est diagonale, nous utilisons la décomposition spectrale de la matrice symétrique V_x . Soit V_x , une matrice symétrique dont les valeurs propres sont $\lambda_i > 0$, avec $i = 1, 2, \dots, N$ et les vecteurs propres normalisés sont d_1, d_2, \dots, d_N . On peut écrire que:

$$V_x = \sum_{i=1}^N \lambda_i d_i d_i^T \quad (III - 7)$$

$$\text{avec: } d_i d_i^T = 1 \text{ pour } i = j$$

$$d_i d_i^T = 0 \text{ pour } i \neq j$$

considérons une matrice D qui soit orthogonale et qui soit formée des vecteurs propres normalisés $[d_1, d_2, \dots, d_N]$, la matrice V_x s'écrira :

$$V_x = D V D^T \quad (III - 8)$$

avec:

$$V = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \lambda_i & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & 0 & \lambda_N \end{bmatrix} \quad (III - 9)$$

et $\lambda_i > 0$ pour $i = 1, 2, \dots, N$

$$\text{Or : } \mathbf{D} \mathbf{D}^T = \mathbf{D}^T \mathbf{D} = \mathbf{I} \quad (\text{III - 10})$$

où \mathbf{I} est la matrice identité.

Posons $\mathbf{A} = \mathbf{D}^T$, nous trouvons que :

$$\mathbf{A} \mathbf{V}_x \mathbf{A}^T = \mathbf{A} \mathbf{D} \mathbf{V} \mathbf{D}^T \mathbf{A}^T = \mathbf{D}^T \mathbf{D} \mathbf{V} \mathbf{D}^T \mathbf{D} = \mathbf{I} \mathbf{V} \mathbf{I} = \mathbf{V} \quad (\text{III - 11})$$

Par suite, on aura:

$$\mathbf{A} \mathbf{V}_x \mathbf{A}^T = \mathbf{V}_y = \mathbf{V} \quad (\text{III - 12})$$

La matrice de transformation $\mathbf{A} = \mathbf{D}^T$, est la matrice transposée des vecteurs normalisés qui composent \mathbf{V}_x . Après calcul des vecteurs propres, les composantes principales sont déterminées en procédant l'application de la transformation linéaire suivante:

$$\mathbf{Z} = \mathbf{A} \mathbf{X} = \mathbf{D}^T \mathbf{X} \quad (\text{III - 13})$$

avec: $z_i = d_{1i} x_1 + d_{2i} x_2 + \dots + d_{Ni} x_i$

Ses propriétés sont les suivantes :

$$\text{Var}[z_i] = \lambda_i \quad \text{pour } i = 1, 2, \dots, N$$

$$\text{Cov}[z_i z_k] = 0 \quad \text{pour } i \neq k$$

La variance du vecteur \mathbf{X} est aussi la trace de sa matrice 'variance-covariance' \mathbf{V}_x . Elle est donnée par l'équation suivante :

$$\text{Tr}(\mathbf{V}_x) = |\mathbf{V}_x| = \sum_{i=1}^N \text{Var}(x_i) \quad (\text{III - 14})$$

A partir des relations (III - 8) , (III - 9), (III - 10) et (III - 14), on trouve que:

$$\text{Tr}(V_X) = \text{Tr}(DVD^T) = \text{Tr}(VDD^T) = \text{Tr}(V) = \sum_{i=1}^N \lambda_i = \sum_{i=1}^N \text{Var}(x_i) = \sum_{i=1}^M \text{Var}(z_i) \quad (\text{III} - 15)$$

On constate que la variance totale est conservée après la transformation en composantes principales. Pour la composante d'ordre k , cette variance vaut en valeurs relatives:

$$\lambda_k / \sum_{i=1}^N \lambda_i \quad \text{avec} \quad i \text{ et } k = 1, 2, \dots, N \quad (\text{III} - 16)$$

III.4.2.2 : Application de l'ACP à la SST:

Nous avons appliqué la méthode de l'analyse en composantes principales aux valeurs mensuelles de la SST. Les objectifs recherchés dans ce cas, sont de compresser le nombre de prédicteurs primaires disponibles, d'ordonner ces nouvelles variables suivant une variance décroissante et de réduire autant que possible le nombre de variables à étudier. Le fichier contenant le champ de température de l'océan est composé de douze fichiers mensuels. Le domaine d'étude considéré pour chacun de ces fichiers, s'étend de 1950 à 1990. Ceci donne alors un vecteur ayant 76 composantes pour chaque mois de l'année. Chacun de ces fichiers est alors soumis à une analyse en composantes principales. A cet effet, on utilise des variables centrées, afin d'éliminer l'influence des saisons, c'est à dire avoir des données désaisonnalisées telles que le vecteur X devient :

$$X_C = X - X_m \quad (\text{III} - 17)$$

X_m est le vecteur des moyennes et X_C représente le vecteur centré.

Les composantes principales associées à X , sont:

$$Z = A X_C \quad (\text{III} - 18)$$

Les tableaux suivants représentent le pourcentage expliqué par chaque composante principale ou sa valeur propre pour chaque mois pour les anomalies de la SST.

Ces résultats montrent que l'information donnée par les composantes principales décroît rapidement entre la 1^{er} et 30^{ème} composante.

L'information relative à la distribution des anomalies de la SST se condense facilement puisque dès la 10^{ème} valeur propre on obtient pratiquement 92 % d'information et cela est valable pour tous les mois.

Une fois l'ACP, terminée les composantes principales sont sauvegardées dans un fichier binaire, on fait rassembler le prédicand de chaque mois pour la période considérée suivie des 30 composantes principales pour une éventuelle sélection des prédicteurs.

Pour choisir le nombre de prédicteur optimal, il s'agit de trouver un compromis entre trop de prédicteurs (dont certains sont peut significatifs).

III.4.2.2.1 Valeur propre des anomalies des champs de geopotentiel de la SST

Tableau N° 01

N°	Janvier			février			Mars		
	Val.pro	Pour.%	Cum %	Val.pro	Pour.%	Cum %	Val.pro	pour.%	Cum %
1	5.21	29.0	29.0	4.71	28.3	28.3	5.04	31.4	31.4
2	3.70	20.6	49.6	2.71	16.2	44.5	2.06	16.2	47.6
3	1.87	10.4	60.1	2.46	14.7	59.2	1.85	11.6	59.2
4	1.61	8.97	69.0	1.44	8.63	67.8	1.31	8.21	67.4
5	1.30	7.26	76.3	1.18	7.12	74.9	1.11	6.94	74.3
6	0.97	5.44	81.7	0.83	4.98	79.9	0.95	5.93	80.3
7	0.70	3.89	85.6	0.81	4.86	84.8	0.68	4.23	84.5
8	0.44	2.50	88.1	0.52	3.14	87.9	0.53	3.35	87.9
9	0.31	2.07	90.2	0.37	2.24	90.2	0.43	2.65	90.5
10	0.33	1.89	92.1	0.33	1.98	92.2	0.36	2.24	92.8

Tableau N° 02

N°	Avril			Août			Septembre		
	Val.pro	Pour.%	Cum %	Val.pro	Pour.%	Cum %	Val.pro	pour.%	Cum %
1	3.29	25.1	25.1	3.28	29.0	29.0	3.85	34.1	34.1
2	2.25	17.2	42.3	2.13	18.8	47.9	1.93	17.1	51.1
3	1.56	11.9	54.2	1.32	11.8	59.6	1.10	9.75	60.9
4	1.33	10.2	64.4	1.08	9.63	69.3	1.02	9.06	69.9
5	1.12	8.59	73.1	0.78	6.97	76.2	0.82	7.26	77.2
6	0.78	5.95	78.9	0.62	5.51	81.7	0.58	5.14	82.3
7	0.63	4.82	83.7	0.44	3.91	85.6	0.45	3.95	86.3
8	0.37	2.89	86.7	0.29	2.59	88.2	0.36	3.16	89.5
9	0.34	2.59	89.3	0.22	1.98	90.2	0.21	1.83	91.3
10	0.28	2.17	91.4	0.20	1.78	92.0	0.16	1.43	92.7

Tableau N° 03

N°	Octobre			Novembre			Décembre		
	Val.pro	Pour. %	Cum %	Val.pro	Pour. %	Cum %	Val.pro	Pour. %	Cum %
1	4.04	33.1	33.1	4.88	33.5	33.5	5.59	35.0	35.0
2	2.35	19.3	52.4	2.85	19.7	53.3	2.16	13.5	48.6
3	1.36	11.2	63.6	1.44	9.91	63.2	1.70	10.6	59.3
4	0.85	6.98	70.5	1.02	7.06	70.3	1.37	8.57	67.8
5	0.75	6.18	76.7	0.90	6.20	76.4	1.17	7.35	75.2
6	0.53	4.40	81.1	0.68	4.66	81.1	0.88	5.49	80.7
7	0.45	3.76	84.9	0.52	3.57	84.7	0.68	4.30	85.0
8	0.41	3.42	88.3	0.44	3.02	87.7	0.52	3.27	88.3
9	0.29	2.43	90.7	0.39	2.70	90.4	0.33	2.11	90.4
10	0.22	1.80	92.6	0.30	1.33	92.5	0.28	1.79	92.2

III.4.3 : La sélection des prédicteurs:

Nous disposons d'un certain nombre de composantes principales, mais qui apportent une certaine information redondante au champ d'indice de précipitation. C'est pourquoi une sélection est absolument nécessaire pour l'élimination de cette redondance. Le choix des prédicteurs peut se faire en sélectionnant successivement des variables. Le choix des prédicteurs se fait en adoptant un critère d'accroissement du coefficient de corrélation multiple. Pour cela, on utilise la méthode de sélection progressive ascendante.

III.4.3.1: Principe de la méthode de sélection progressive ascendante:

Le principe de cette méthode est de choisir des prédicteurs de proche en proche, tout en recherchant le maximum du coefficient de corrélation multiple. Les différentes étapes de cette méthode sont les suivantes:

Première étape : on sélectionne le prédicteur le plus fortement corrélé avec la variable à prévoir de façon que ce prédicteur donne le coefficient de corrélation multiple le plus élevé. Soit:

$$\max_i r^2_1(y, y'(x_i)) = r^2_1[y, y'(x_{i1})]$$

Pour chaque étape k: en supposant que le meilleur prédicteur x à $k-1$ dimension ait été sélectionné, on définit le meilleur prédicteur à k dimensions comme étant le

meilleur parmi tous les prédicteurs à k dimensions du type (X, x) pour lesquels les $k-1$ premières composantes sont fixées et égales au vecteur X . Le prédicteur unidimensionnel choisi au pas k sera déterminé par la condition :

$$\max r_k^2(y, y(x, x_i)) = r_k^2[y, y(x, x_{1k})]$$

On obtient ainsi le meilleur vecteur $X = \{ (x_{11}, \dots, x_{1k}) \}$. pour calculer le coefficient de corrélation multiple on est obligé de passer par plusieurs opérations d'inversion de matrice d'ordre k . Cependant, il existe une formule qui nous permet de réduire le nombre d'inversion à une seule opération par étape. On utilise alors l'accroissement du carré du coefficient de corrélation multiple noté δ , quand on passe de $k-1$ à k prédicteurs. Ceci permet de ne faire qu'une seule inversion de matrice à chaque pas k .

Dans ce cas, l'accroissement est donné par :

$$\delta_{k-1, k} r^2(y, y') = (r_{yx} - R_{yX} \cdot R_{XX}^{-1} \cdot R_{Xx})^2 / 1 - R_{xX} \cdot R_{XX} \cdot R_{xx}$$

ou :

$$\delta_{k-1, k} r^2(y, y') = r_k^2(y, y(X, x)) - r_{k-1}^2(y, y(X))$$

III.4.3.2 Sélection des CP par la méthode progressive ascendante:**ZONE 1: Ouest**

Tableau n° 1

<i>composantes principales Dec, avec indice (JFM) / 3</i>					
N°	INDICE	$r(y,yp)$	accroi	$s(y,yp)$	$r(x,y)$
1	16	0,54	0,291	0,45	-0,54
2	25	0,66	0,146	0,4	0,38
3	24	0,72	0,078	0,37	0,28
4	14	0,77	0,085	0,34	-0,16
5	27	0,82	0,065	0,31	0,23

Tableau n° 2

<i>composantes principales Sep, avec indice Décembre</i>					
N°	INDICE	$r(y,yp)$	accroi	$s(y,yp)$	$r(x,y)$
1	2	0,64	0,413	0,77	-0,64
2	6	0,71	0,089	0,71	0,29
3	20	0,77	0,086	0,64	0,11
4	12	0,80	0,49	0,6	0,2
5	11	83	0,05	0,56	-0,09

ZONE 2:CENTRE

Tableau n° 1

<i>composantes principales Dec, avec indice (JFM)</i>					
N°	INDICE	$r(y,yp)$	accroi	$s(y,yp)$	$r(x,y)$
1	16	0,49	0,243	0,50	-0,49
2	25	0,61	0,129	0,45	0,36
3	7	0,67	0,072	0,43	-0,2
4	2	0,71	0,054	0,4	0,15
5	24	0,74	0,049	0,38	0,14

Tableau n° 2

<i>composantes principales Sep,avec indice Dec</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	2	0,43	0,187	0,9	-0,43
2	11	0,56	0,128	0,82	-0,36
3	30	0,63	0,076	0,78	-0,09
4	16	0,68	0,067	0,73	0,22
5	6	0,73	0,077	0,68	0,25

ZONE 3:Est

Tableau n° 2

<i>composantes principales Dec,avec indice (JMF)</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	25	0,50	0,252	0,54	0,50
2	16	0,70	0,235	0,44	-0,49
3	15	0,74	0,064	0,42	-0,33
4	27	0,78	0,053	0,39	0,09
5	3	0,81	0,054	0,36	0,16

Tableau n° 2

<i>composantes principales Sep,avec indice Dec</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	25	0,49	0,239	0,87	0,49
2	3	0,66	0,195	0,75	-0,38
3	22	0,75	0,127	0,66	0,36
4	18	0,81	0,089	0,59	0,43
5	21	0,84	0,06	0,54	-0,23

D'après les tableaux ci-dessus on constate que :

1) Pour la Composante principale du mois de Décembre et l'indice de pluie de Janvier, Février et Mars:

Zone 1:

Le coefficient de corrélation entre la valeur prévue et le prédicteur $r(y,yp)$ est de 0.82 l'explication du prédicteur par les prédictands est assez bonne.

$r(x,y)$ nous donne l'influence individuelle de chaque prédictand (composante principale) sur le prédicteur.

La première composante principale de l'anomalie de la SST influe dans le sens contraire du prédicteur $r(x,y) = 0.54$.

Zone 2 :

Le coefficient de corrélation entre la valeur prévue et le prédicteur $r(y,yp)$ est de 0.74 l'explication du prédicteur par les prédictands est assez bonne. $r(x,y)$ nous donne l'influence individuelle de chaque prédictand (composante principale) sur le prédicteur. La première composante principale de l'anomalie de la SST influe dans le sens contraire du prédicteur $r(x,y) = 0.49$

Zone 3 :

Le coefficient de corrélation entre la valeur prévue et le prédicteur $r(y,yp)$ est de 0.81 l'explication du prédicteur par les prédictands est assez bonne.

$r(x,y)$ nous donne l'influence individuelle de chaque prédictand (composante principale) sur le prédicteur. La 10^{ème} composante principale de l'anomalie de la SST influe dans le même sens que le prédicteur $r(x,y) = 0.50$

2) La Composante principale du mois de Septembre et indice de pluie de Décembre.

Zone 1 :

$r(y,yp)$ est de 0.83. l'explication du prédicand par les prédicteurs est bonne.

La 2èmes composantes principale de l'anomalie de la SST influe dans le sens contraire du prédicand $r(x,y) = - 0.64$.

Zone 2 :

$r(y,yp)$ est de 0.73 l'explication du prédicand par les prédicteurs est assez bonne.

La 2èmes composante principale de l'anomalie de la SST influe dans le sens contraire du prédicand $r(x,y) = - 0.43$.

Zone 3:

Le coefficient de corrélation entre la valeur prévue et le prédicand $r(y,yp)$ est de 0.84 l'explication du prédicand par les prédicteur est bonne.

$r(x,y)$ la 10 éme composante principale de l'anomalie de la SST influe dans le même sens que le prédicand $r(x,y) = 0.49$.

CHAPITRE IV

MODELISATION PAR LA METHODE DE REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

IV.1. Généralités

En général l'évolution de la situation météorologique est conditionnée par la connaissance des situations passées. Le but de notre étude est de trouver une liaison fonctionnelle entre les indices régionaux des précipitations, et les composantes principales du champ de température de la surface de l'océan réduit par la méthode d'analyse en composantes principales. Cette liaison possède souvent un caractère spatio-temporel. C'est pourquoi il faut d'abord la mettre en évidence afin de l'utiliser dans le but prévisionnel. La méthode utilisée est celle de la régression linéaire multiple.

IV.2. Méthode de régression linéaire multiple :

Pour évaluer les liaisons statistiques entre le champ des données de SST Atlantique et l'indice régional des précipitations, la méthode statistique la plus largement utilisée en prévision météorologique est incontestablement celle de la régression linéaire multiple. Le modèle de régression multiple décrit une liaison entre une variable Y , dont on cherche à expliquer le comportement, et un ensemble de variables dites prédictes $X = [x_1, x_2, \dots, x_N]$. La forme générale de cette liaison est une combinaison linéaire qui s'écrit :

$$Y' = AX + B \quad (IV - 1)$$

avec X le vecteur des prédictes, A est la matrice des coefficients de régression, B est le vecteur des résidus et Y' représente le vecteur des variables prévues.

L'équation (IV.1) peut aussi s'écrire :

$$Y' - Y_M = V_{YX} \cdot V_{XX}^{-1} (X - X_M) \quad (IV - 2)$$

X_M est le vecteur de la moyenne des prédicteurs, Y' représente le vecteur des variables à prédire, Y_M est le vecteur' moyenne de Y' , V_{YX} représente le vecteur des covariances entre les vecteurs X et Y , V_{XX}^{-1} représente l'inverse de la matrice ' variances - covariances' entre prédicteurs .

Dans notre cas, nous utilisons des variables centrées et comme les composantes principales ne sont pas corrélées entre-elles, l'équation de régression multiple devient plus simple à exprimer.

Soit :

$$Y^{0'} = V_{YZ} V_{ZZ}^{-1} Z^0 \quad (IV - 3)$$

ou encore

$$Y^{0'} = \sum V_{YZi} \lambda_i Z_i^0 \quad (IV - 4)$$

Y^0 et Z^0 sont les variables centrées et V_{YZ} sont les élément de la matrice V_{YZ} .

Dans notre étude, le critère de qualité de la prévision est exprimé par le coefficient de corrélation multiple, dont le carré est donné par la formule :

$$R^2 (Y, Y') = V_{YZ} / \sigma^2 \lambda_i \quad (IV - 5)$$

σ^2 est l'erreur quadratique et λ_i est la valeur propre qui lui est associée.

Pour tester la validité des résultats de cette étude, nous avons utilisé la méthode de reconnaissance glissante.

IV.3. Méthode de reconnaissance glissante :

La méthode de reconnaissance glissante permet de déterminer le bon choix du nombre de composantes principales à prendre en considération afin d'avoir une bonne prévision. Pour une période d'étude donnée ($n = 41$), cette méthode consiste à associer à l'observation t une fenêtre $F(t)$ appelé fichier test. La prévision est ainsi réalisée sur un fichier glissant ou fichier 'apprentissage' $X(t) = X - F(t)$. On effectue une régression multiple sur le fichier apprentissage. On calcule ensuite, à l'aide des coefficients de régression ainsi obtenus la valeur de l'indice de pluie au centre de la fenêtre. Pour notre étude on a choisit une fenêtre de 5 années dans le but d'avoir une bonne prévision. La méthode de reconnaissance glissante est une méthode de validation du modèle.

IV.4. Résultats et discussion

Après avoir réduit le champ des anomalies de la SST à l'aide d'une analyse en composante principale afin d'éliminer les fluctuations ponctuelles de faible intensité tout à fait imprévisible.

On a sélectionné les CP donnant le plus d'informations, ensuite nous avons appliqué la technique de régression linéaire entre CP sélectionnées et l'indice pluviométrique régional.

Dans un premier temps, nous avons effectué la régression entre l'indice de précipitation d'un mois ou d'une saison donnée et les 3 et 5 premières composantes principales retenues lors d'une sélection des CP.

L'étude a été faite avec un décalage de temps d'un mois, deux mois, trois mois, et enfin de la saison pour les trois régions respectives.

Puis nous avons testé par la méthode de reconnaissance glissante l'amélioration des résultats, sur le fichier Test des coefficients de corrélation.

En général, le test par reconnaissance glissante et moins sévère qu'un test sur un fichier indépendant du fichier apprentissage, qui reste le meilleur moyen de se faire une idée de la qualité de la régression.

La validité de la prévision s'explique au moyen des coefficients de corrélation multiples obtenus par le modèle de régression linéaire multiple sur le fichier d'apprentissage et le fichier test.

Le coefficient de corrélation multiple, calculé à partir de la méthode de reconnaissance glissante pour le fichier Test, permet d'estimer la robustesse de la régression.

Les coefficients de corrélation multiples ainsi obtenus par régression sur le fichier Test et le Fichier d'apprentissage par la méthode de reconnaissance glissante sont dressés dans les tableaux suivants :

Méthode de reconnaissance glissante diamètre de la fenêtre 5 observation

Région Nord-ouest de l'Algérie (Zone 1) :

Décalage un mois

Tableau n°1

CP -Indice	Région Ouest											
	Fichier Apprentissage 1950-1978						Fichier test 1979-1990					
	5 Predicteurs				3 Predicteurs		5 Predic		3 Predic			
	Fich.Appr.		Rec.glis.		Fich.Appr.		Rec.glis.		Rec.glis.		Rec.glis.	
R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	
JAN-FEV	0.75	0.66	0.65	0.79	0.64	0.77	0.53	0.88	0.20	1.07	0.11	1.02
FEV-MAR	0.69	0.73	0.49	0.12	0.57	0.83	0.38	0.97	0.03	1.1	0.18	1.1
MAR-AVR	0.72	0.69	0.39	0.11	0.61	0.79	0.35	1.03	0.19	1.6	0.19	0.24
SEPT-OCT	0.81	0.58	0.51	0.82	0.74	0.67	0.39	0.92	0.11	1.41	0.27	1.2
OCT-NOV	0.72	0.69	0.55	0.89	0.62	0.78	0.46	0.92	0.33	0.92	0.36	0.94
NOV-DEC	0.72	0.69	0.51	0.89	0.61	0.79	0.49	0.86	0.21	0.93	0.33	0.98
DEC-JAN	0.70	0.66	0.43	0.90	0.60	0.74	0.43	0.88	0.08	1.05	0.11	1.04

Décalage 2 mois:

Tableau n° 2

	Region Ouest											
	Fichier Apprentissage 1950-1978						Fichier test 1979-1990					
	5 Predicteurs				3 Predicteurs		5 Predic		3 Predic			
	CP -Indice	Fich.Appr.		Rec.glis.		Fich.Appr.		Rec.glis.		Rec.glis.		
R		Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q		
JAN-MAR	0.71	0.54	0.77	0.67	0.76	0.65	0.65	0.82	0.14	1.61	0.18	1.48
FEV-AVR	0.71	0.71	0.51	0.93	0.62	0.78	0.39	0.99	0.27	1.44	0.50	1.49
MAR-MAI	0.79	0.61	0.60	0.90	0.67	0.74	0.53	0.92	0.30	0.87	0.08	0.85
SEPT-NOV	0.81	0.59	0.53	0.89	0.63	0.77	0.33	0.99	0.24	2.01	0.15	1.41
OCT-DEC	0.72	0.69	0.44	0.96	0.63	0.78	0.42	0.91	0.25	1.29	0.28	1.31
DEC-FEV	0.79	0.62	0.63	0.82	0.70	0.72	0.58	0.86	0.71	2.17	0.63	1.96

Décalage 3 mois :

Tableau n° 3

	Région Ouest											
	Fichier Apprentissage 1950-1978						Fichier test 1979-1990					
	5 Predicteurs				3 Predicteurs		5 Predic		3 Predic			
	CP -Indice	Fich.Appr.		Rec.glis.		Fich.Appr.		Rec.glis.		Rec.glis.		
R		Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q		
JAN-AVR	0.63	0.68	0.51	0.91	0.66	0.75	0.53	0.86	0.14	1.01	0.33	1.0
FEV-MAI	0.70	0.71	0.39	1.07	0.60	0.79	0.30	1.07	0.41	1.41	0.40	1.82
SEPT-DEC	0.83	0.56	0.63	0.75	0.77	0.64	0.56	0.82	0.009	1.39	0.00	1.09
OCT-JAN	0.68	0.68	0.39	1.02	0.58	0.76	0.42	0.89	0.44	0.91	0.33	0.91
DEC-MAR	0.91	0.43	0.86	0.56	0.80	0.61	0.76	0.69	0.25	1.14	0.23	1.18
Dec-jfm /3	0.82	0.31	0.70	0.39	0.72	0.37	0.60	0.44	0.08	0.71	0.13	0.57
Sep-ond /3	0.74	0.39	0.61	0.52	0.65	0.43	0.54	0.51	0.29	0.93	0.40	1.00

Analyse des résultats de la Zone 1 :

	Fichier apprentissage		Fichier Test	
	5 prédicteurs	3 prédicteurs	5 prédicteurs	3 prédicteurs
<i>Pas de temps un mois</i>	0.39<R<0.65	0.35<R<0.53	0.03<R<0.33	0.10<R<0.36
<i>Pas de temps deux mois</i>	0.44<R<0.77	0.62<R<0.76	0.14<R<0.71	0.15<R<0.63
<i>Pas de temps trois mois</i>	0.39<R<0.86	0.30<R<0.76	0.00<R<0.44	0.00<R<0.40
<i>Corrélation d'un mois avec une saison</i>	0.74<R<0.82	0.65<R<0.72	0.08<R<0.29	0.13<R<0.40

Les coefficients de corrélation les plus élevés pour différents pas de temps et cinq prédicteurs sont :

- 01 mois, $R=0.33$ Cp Octobre indice Novembre
 02 mois, $R=0.71$ Cp Décembre indice Février
 03 mois, $R=0.44$ Cp Octobre indice Janvier
 une Saison, $R=0.29$ Cp Septembre indice (Octobre, Novembre, Décembre)/3.

D'après ces résultats, on constate d'une part que les valeurs des coefficients de corrélation sont assez élevées sur le fichier apprentissage (jusqu'à 65% pour le décalage de 01 mois pour Janvier- Février). Pour le décalage de deux mois 77% pour le mois de Janvier – Mars et jusqu'à 86% pour le mois de décembre et Mars. Par contre, la dégradation est beaucoup plus nette sur le fichier Test (jusqu'à 0% pour le décalage de trois mois) néanmoins.

On note une bonne corrélation du champ des anomalies de la SST avec l'indice de précipitation, cette corrélation semble assez stable. Puisque le coefficient de corrélation ne varie pas trop pour les différents pas de temps. De plus le mois de décembre a un comportement atypique avec un coefficients de corrélation pour le fichier test très variable 0.08, 0.71, 0.25 , 0.08 pour 5 prédicteurs et 0.1, 0.63, 0.23, et 0.13 pour 3 prédicteurs.

De ce fait, il conviendra alors de retenir plus de composantes principales pour mieux représenter les petites anomalies de la SST dans le but de mieux expliquer les précipitations pour les mois pluvieux.

L'augmentation du nombre de CP se traduit par une augmentation du coefficient de corrélation pour le fichier apprentissage alors pour le fichier test ce coefficient diminue sensiblement pour quelques mois et augmente pour d'autres, ceci montre que l'utilisation d'un nombre de CP supérieur à 5 est nécessaire tandis qu'il entraîne une perte d'information pour les autres mois.

Méthode de reconnaissance glissant diamètre de la fenêtre 5 observations*Région Centre de l'Algérie (Zone 2) :*Décalage un mois :

Tableau n°1

CP -Indice	Region Centre											
	Fichier Apprentissage 1950-1978						Fichier test 1979-1990					
	5 Prédicteurs			3 Prédicteurs			5 Predic		3 Predic			
	Fich.Appr.		Rec.glis.		Fich.Appr.		Rec.glis.		Rec.glis.		Rec.glis.	
R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	
JAN-FEV	0.73	0.68	0.56	0.87	0.64	0.77	0.49	0.89	0.019	1.76	0.14	1.51
FEV-MAR	0.79	0.62	0.58	0.85	0.73	0.69	0.52	0.90	0.24	1.14	0.24	1.09
SEPT-OCT	0.75	0.66	0.42	0.98	0.65	0.76	0.31	1.03	0.069	1.43	0.012	1.10
OCT-NOV	0.64	0.76	0.51	0.91	0.48	0.88	0.34	0.98	0.41	1.05	0.11	1.07
NOV-DEC	0.81	0.58	0.77	0.65	0.79	0.62	0.79	0.62	0.014	1.0	0.14	0.81
DEC-JAN	0.61	0.63	0.64	0.83	0.66	0.76	0.45	0.98	0.69	0.65	0.23	0.65

Décalage 2 mois:

Tableau n°2

CP -Indice	Région Centre											
	Fichier Apprentissage 1950-1978						Fichier test 1979-1990					
	5 Predicteurs			3 Predicteurs			5 Predic		3 Predic			
	Fich.Appr.		Rec.glis.		Fich.Appr.		Rec.glis.		Rec.glis.		Rec.glis.	
R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	
JAN-MAR	0.77	0.64	0.68	0.78	0.66	0.76	0.46	0.96	0.15	0.94	0.11	0.93
SEPT-NOV	0.65	0.76	0.30	1.09	0.52	0.85	0.17	1.11	0.16	1.65	0.11	1.14
OCT-DEC	0.77	0.64	0.71	0.72	0.69	0.72	0.59	0.81	0.11	1.35	0.12	1.38
DEC-FEV	0.66	0.77	0.49	0.94	0.74	0.68	0.56	0.89	0.07	0.017	0.09	1.23

Décalage 3 mois :

Tableau n°3

CP -Indice	Region Centre											
	Fichier Apprentissage 1950-1978						Fichier test 1979-1990					
	5 Predicteurs				3 Predicteurs		5 Predic		3 Predic			
	Fich. Appr.		Rec .glis.		Fich. Appr.		Rec. glis.		Rec .glis.			
R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q			
SEPT-DEC	0.73	0.68	0.61	0.79	0.63	0.77	0.50	0.87	0.33	0.98	0.14	1.017
OCT-JAN	0.79	0.61	0.57	0.89	0.72	0.69	0.55	0.89	0.64	1.42	0.50	1.34
DEC-MAR	0.79	0.63	0.62	0.85	0.68	0.75	0.49	0.93	0.12	0.77	0.17	0.74
dec-jfm /3	0.74	0.38	0.52	0.52	0.67	0.43	0.44	0.53	0.36	0.81	0.29	0.72
Sep-ond /3	0.75	0.38	0.67	0.44	0.64	0.44	0.49	0.53	0.21	0.91	0.28	0.89

Analyse des résultats de la Zone 2

	Fichier apprentissage		Fichier Test	
	5 prédicteurs	3 prédicteurs	5 prédicteurs	3 prédicteurs
Pas de temps un mois	0.42<R<0.77	0.31<R<0.79	0.01<R<0.69	0.01<R<0.23
Pas de temps deux mois	0.30<R<0.71	0.17<R<0.59	0.07<R<0.16	0.09<R<0.12
Pas de temps trois mois	0.57<R<0.62	0.63<R<0.72	0.1<R<0.64	0.14<R<0.50
Corrélation d'un mois avec une saison	0.74<R<0.75	0.64<R<0.67	0.21<R<0.36	0.28<R<0.29

Des coefficients de corrélation très médiocre pour le fichier Test, que ce soit pour Cinq (05) ou Trois (03) prédicteurs et pour les différents pas de temps utilisés.

Les coefficients de corrélation les plus élevés pour différents pas de temps et cinq prédicteurs :

01 mois, $R=0.69$	Cp Décembre indice Janvier
02 mois, $R=0.16$	Cp Septembre indice Novembre
03 mois, $R=0.64$	Cp Octobre indice Janvier
une Saison, $R=0.36$	Cp Décembre indice (Janvier , Février, Mars)/3.

Méthode de reconnaissance glissante diamètre de la fenêtre 5 observations

Région Est de l'Algérie (Zone 3) :

Décalage un mois :

Tableau n°1

CP -Indice	Région Est											
	Fichier Apprentissage 1950-1978								Fichier test 1979-1990			
	5 Prédicteurs				3 Prédicteurs				5 Predic		3 Predic	
	Fich.Appr.		Rec. glis.		Fich.Appr.		Rec. glis.		Rec. glis.		Rec.glis.	
	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q
JAN-FEV	0.78	0.62	0.71	0.74	0.67	0.75	0.57	0.87	0.05	1.64	0.17	1.5
FEV-MAR	0.73	0.68	0.43	0.96	0.63	0.78	0.33	0.98	0.06	1.30	0.031	1.23
SEPT-OCT	0.59	0.64	0.58	0.86	0.68	0.73	0.43	0.92	0.20	1.55	0.22	1.49
OCT-NOV	0.70	0.71	0.50	0.94	0.55	0.83	0.26	1.06	0.24	1.18	0.10	1.35
NOV-DEC	0.64	0.76	0.27	1.03	0.53	0.85	0.45	0.87	0.18	1.01	0.12	0.89
DEC-JAN	0.80	0.61	0.64	0.85	0.69	0.73	0.57	0.86	0.71	1.32	0.41	1.21

Décalage 2 mois :

Tableau n°2

	Région Est											
	Fichier Apprentissage 1950-1978						Fichier test 1979-1990					
	5 Prédicteurs				3 Prédicteurs		5 Predic		3 Predic			
	CP -Indice	Fich.Appr.		Rec. glis.		Fich.Appr.		Rec. glis.		Rec. glis.		
	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q		
JAN-MAR	0.73	0.68	0.47	0.88	0.59	0.80	0.27	0.99	0.28	1.03	0.087	1.00
SEPT-NOV	0.61	0.62	0.46	0.99	0.68	0.73	0.48	0.94	0.57	0.99	0.67	0.86
OCT-DEC	0.79	0.61	0.67	0.73	0.64	0.76	0.36	0.97	0.33	1.33	0.18	1.16
DEC-FEV	0.81	0.60	0.71	0.79	0.69	0.74	0.56	0.94	0.49	1.58	0.29	1.33

Décalage 3 mois:

Tableau n°3

	Région Est											
	Fichier Apprentissage 1950-1978						Fichier test 1979-1990					
	5 Predicteurs				3 Predicteurs		5 Predic		3 Predic			
	CP -Indice	Fich.Appr.		Rec. glis.		Fich.Appr.		Rec. glis.		Rec. glis.		
	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q	R	Q		
SEPT-DEC	0.84	0.54	0.73	0.66	0.75	0.66	0.58	0.81	0.25	1.38	0.34	1.45
OCT-JAN	0.76	0.65	0.75	0.71	0.65	0.76	0.68	0.77	0.55	1.33	0.63	1.31
DEC-MAR	0.83	0.57	0.70	0.75	0.69	0.73	0.43	0.93	0.33	0.81	0.10	0.89
dec-jfm /3	0.81	0.86	0.64	0.49	0.74	0.42	0.64	0.49	0.59	1.23	0.49	0.93
Sep-ond /3	0.71	0.43	0.42	0.61	0.81	0.36	0.58	0.53	0.24	0.85	0.02	1.00

Analyse des résultats de la Zone 3

	<i>Fichier apprentissage</i>		<i>Fichier Test</i>	
	<i>5 prédictes</i>	<i>3 prédictes</i>	<i>5 prédictes</i>	<i>3 prédictes</i>
<i>Pas de temps un mois</i>	$0.27 < R < 0.71$	$26 < R < 0.57$	$0.05 < R < 0.71$	$0.03 < R < 0.41$
<i>Pas de temps deux mois</i>	$0.46 < R < 0.71$	$0.27 < R < 0.56$	$0.28 < R < 0.57$	$0.09 < R < 0.67$
<i>Pas de temps trois mois</i>	$0.70 < R < 0.75$	$0.43 < R < 0.69$	$0.25 < R < 0.55$	$0.10 < R < 0.63$
<i>Corrélation d'un mois avec une saison</i>	$0.42 < R < 0.64$	$0.58 < R < 0.64$	$0.24 < R < 0.59$	$0.02 < R < 0.49$

Les coefficients de corrélation les plus élevés pour différents pas de temps et cinq prédictes sont :

01 mois, $R=0.71$ Cp Décembre indice Janvier
 02 mois, $R=0.57$ Cp Septembre indice Novembre
 03 mois, $R=0.55$ Cp Octobre indice Janvier
 une Saison, $R=0.59$ Cp Décembre indice (Janvier , Février, Mars)/3.

Pour la région Est on note de très bons coefficients de corrélation du champ des anomalies de la SST avec l'indice de précipitation, cette corrélation semble assez stable, puisque les coefficients de corrélation ne varient pas trop pour les différents pas de temps.

A l'inverse de la région Ouest, on constate que les prédictes du mois de décembre sont bien corrélés avec l'indice de pluie du mois de Janvier pour les deux régions Centre et Est.

La visualisation graphique de deux séries yréel et yprévue pour une prévision de pluie (Indice décembre avec CP septembre) et prévision de pluie (indice (janvier, février, mars)/3 avec CP décembre) des trois zones ; Permet de se faire une idée de la nature de ce type de prévision.

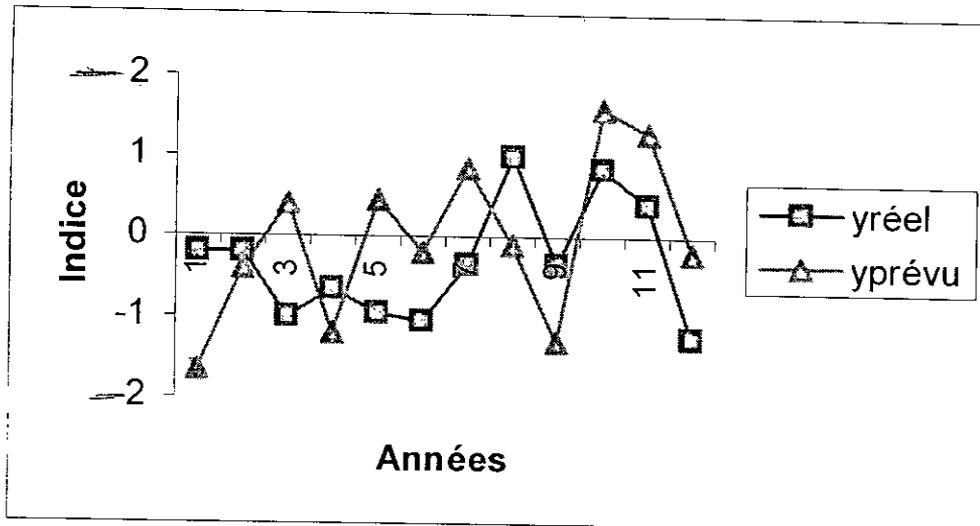


Fig 6 : Prédiction de l'indice de pluie Décembre avec CP Sept.
5 prédic. Zone 1

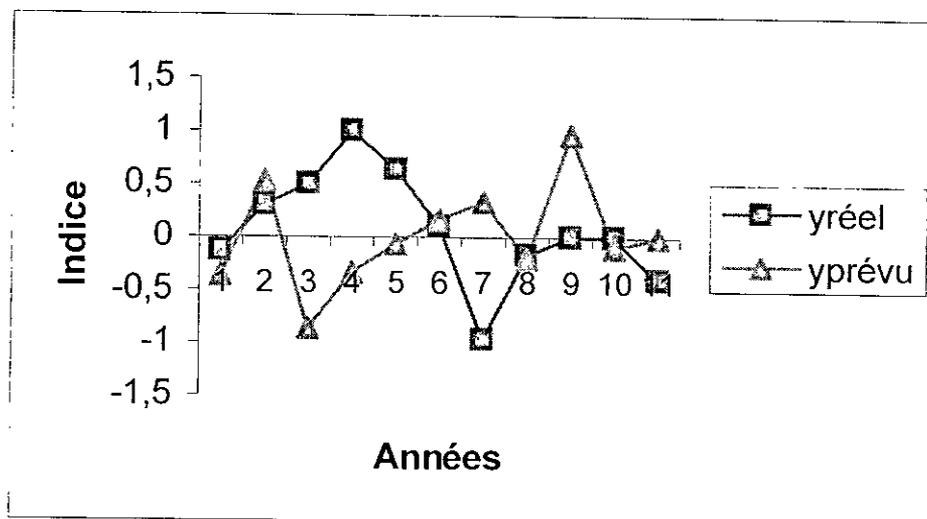


Fig 6.1 : Prédiction de pluie Jan+Fev+Mars avec CP de Déc.
5 prédic. Zone 1.

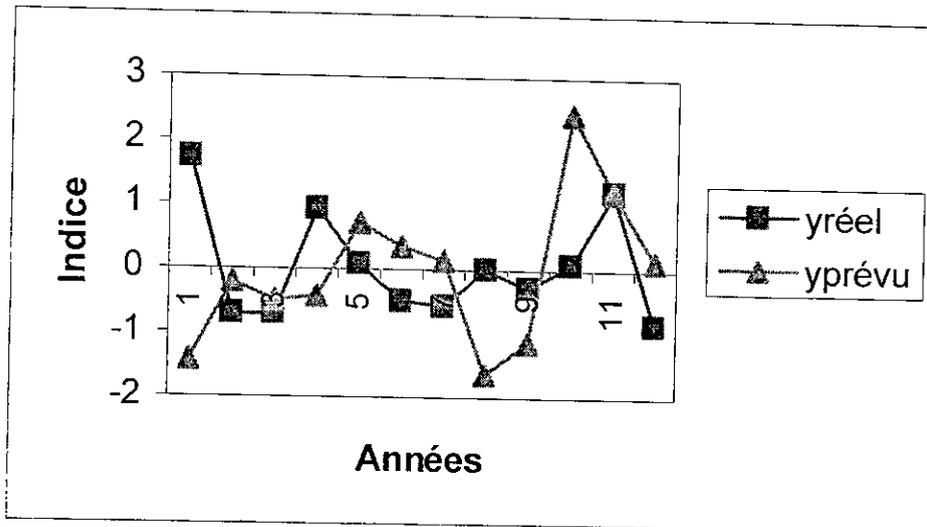


Fig 7 : Prédiction de pluie Décembre avec CP Septembre 5 prédicteurs Zone 2

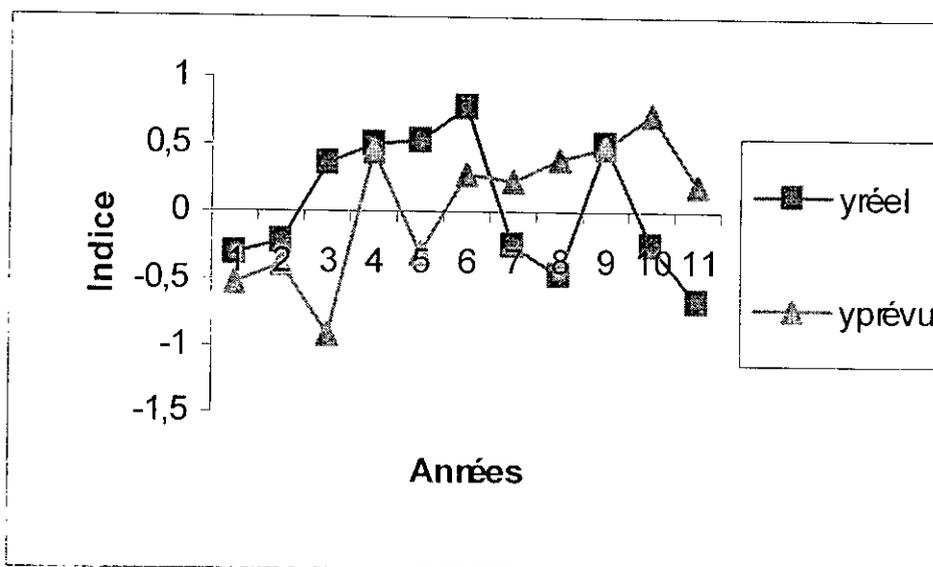


Fig 7.1 : Prédiction de pluie Jan+Fev+Mars avec CP Décembre 5 prédic. Zone 2.

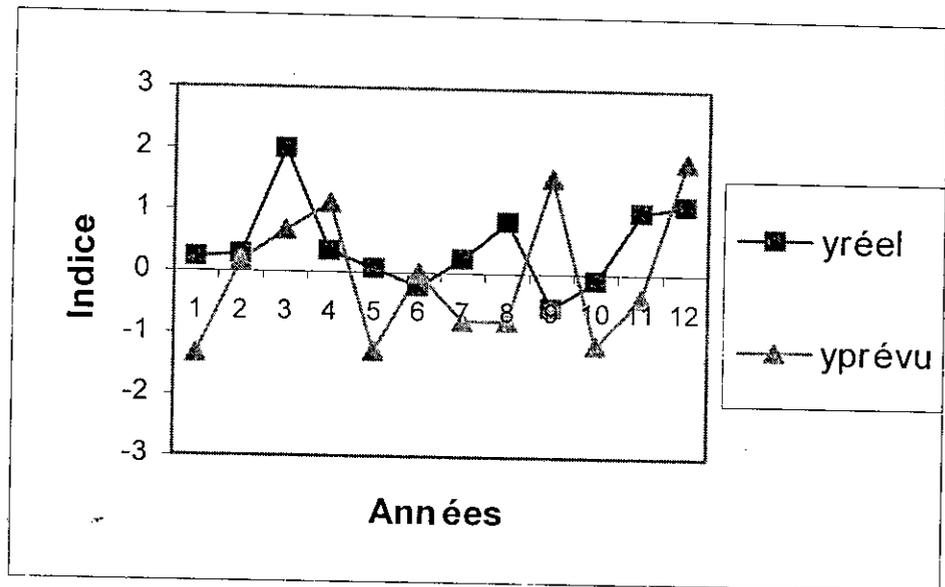


Fig 8 : prévision de pluie Décembre avec CP de Septembre
5 prédicit Zone 3

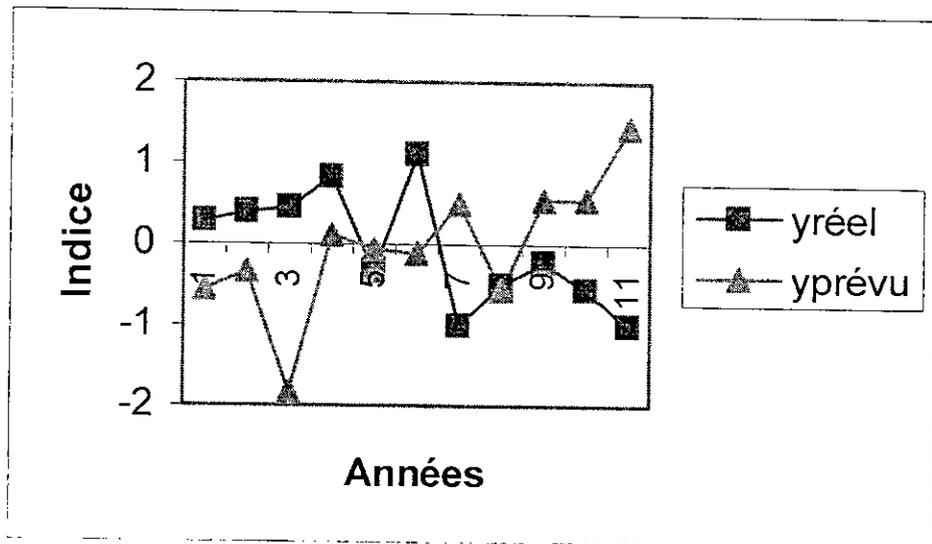


Fig 8.1 : Prévision de pluies Jan+Fev+Mar CP Déc.
5 prédic. Zone 3

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE

Le paramètre température de surface de la mère (SST) est parmi les conditions aux limites les plus importants qui influent sur les changements atmosphériques et par suite sur les variabilités climatiques à long terme à cause de sa persistance et de l'importance de l'impact de l'interaction océan-atmosphérique sur la circulation générale atmosphérique.

Par ailleurs, des études relatives à l'interprétation de la liaison entre SST et la circulation générale atmosphériques, explique une bonne partie de la variabilité des champs météorologiques.

Au terme de ce travail, on a considéré les trois zones climatiques du Nord algérien « Zone 1 : Ouest ; zone 2 : Centre ; zone3 : Est ». L'objectif de notre étude est de chercher des liaisons statistiques entre une variables à expliquer ou « prédictand » qui est l'indice de précipitation régional et une variable explicative ou « prédicteur » qui est la SST (les anomalies mensuelles des champs SST).

Quelques analyses susceptibles de conformer l'existence des corrélations entre les predicteurs utilisée et notre prédictand ont été également utilisées.

Pour cela nous avons appliqué la méthode de régression linéaire multiples pour un décalage de temps d'un mois, deux mois et trois mois, sur une période de 29 ans pour le fichier apprentissage et 12 ans par le fichier test, ainsi que l'ensemble des analyses permettant de formuler quelques conclusion entre les predicteurs utilisés et notre predictand.

L'étude statistique à montrée que la corrélation du champs des anomalies de la SST avec l'indice de précipitation est différent pour les trois zones climatiques.

Conclusion générale

Pour la région Ouest (zone 1), on constate d'une part que les valeurs des coefficients de corrélation sont assez élevées sur le fichier apprentissage : pour 5 prédicteurs jusqu'à (65% pour le décalage de un mois pour janvier- février) pour le décalage de deux mois (77% pour le mois de janvier-mars) et jusqu'à (86% pour le mois de décembre -mars). la dégradation est beaucoup plus nette sur le fichier teste.

Pour la région Est on a de très bons coefficients de corrélation du champ des anomalies de la SST avec l'indice de précipitation, cette corrélation semble assez stable, puisque les coefficients de corrélation ne varient pas trop pour les différents pas de temps.

A l'inverse de la région Ouest, on constate que les prédicteurs du mois de décembre sont bien corrélés avec l'indice de pluie du mois de janvier pour les deux régions centre et ouest.

Les résultats obtenus non négligeables pour les trois zones considérées sont généralement acceptables, restent cependant à vérifier dans le cas opérationnel.

Il faut noter que le choix d'un seul paramètre influant sur le climat algérien en particulier et la circulation de l'atmosphère en générale parmi d'autres paramètres est assez délicats pour établir une relation prévisionnelle fiable.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- [1] AFFANE, A. Contribution à l'étude et à la prévision de la pluviométrie sur le littoral Algérien. PFE ENP 1997.
- [2] ATTOU. Etude comparative des modèles conceptuels Pluie- Débit au pas de temps journalier.
PFE ENP 1991.
- [3] BELGAID, K. Etude et prévision du régime pluviométrique sur le littoral Algérien.
PFE ENP 2000.
- [4] BENFARES & BEN ABDERRAHMANE (ANB). Modèles stochastiques linéaires pour la prévision des apports annuels du barrage de Beni Bahdel. (Journées Techniques sur les barrages 17,18,19/03/1999).
- [5] BOUZIANE, B. Contribution à la modélisation stochastique de débit mensuels et à la recherche de meilleurs règles de gestion d'un réservoir. Louvain 1989.pp4968.
- [6] BULLETIN MENSUELS D' INFORMATION CLIMATOLOGIQUES ET AGROMETEOROLOGIQUES. Office nationale de la météorologie (O.N.M).
- [7] Carte pluviométriques de l' Algérie du Nord à l'échelle de 1/500000. 1993. Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H).
- [8] CEMAGREF. Mise en œuvre et interprétation de la comparaison des modèles de prévision. La houille Blanche N°5.8 / 1988.
- [9] CHOUAKI, O. Etude des modèles de prévision des crues.
PFE ENP 1990.
- [10] Détermination hydrologique régionaux pour la gestion et la prévision des ressources en eau. Article extrait d'un site WEB.
- [11] Dunod (2ème édition). Statistique exploratoire multidimensionnelle.
- [12] HAMLOUI, H. Etude des modèles de prévisions des crues.
PFE ENP 1990.
- [13] HANAFI, I. Contribution la modélisation des pluies de courte durée.
PFE ENP 1996.
- [14] La prévision en hydrologie. Article extrait d'un site web.
- [15] LOUMANGNE, MICHEL, NORMAND. Utilisation d'indicateur de l'état hydrique du sol dans un modèle pluie- Débit. La Houille Blanche N°5.8 / 1988.
- [16] MEKHALFIA. Etude comparative des modèles de prévision des crues.
PFE ENP1998.
- [17] Nalbantis, Obled et Rodriguez. Modélisation Pluie- débit: Validation par simulation de la méthode DPFT. La Houille Blanche N°5.8/1988.
- [18] TALIBI (ANRH). Prévision des apports garantis aux barrages (Journées Techniques sur les barrages 17,18,19/03 /1999).
- [19] TOUAIBIA Contribution à l'estimation de la crue de projet: Cas du B.V de l'Oued Mina.
PFE ENP 1997
- [20] TOUATI, B. Contribution à la simulation des paramètres hydrométéorologiques (Aléatoires et cycliques au pas de temps journalier)PFE ENP 1997
- [21] ENSALEM- R. CLIMATOLOGIE GENERALE. TOME 1
- [22] ENSALEM- R. CLIMATOLOGIE GENERALE. TOME 2
- [23] ROCHE. PA. GUIDE PRATIQUE DE PREVISION DES CRUES. TOME 2
Imprimerie BAC : PARIS – OCTOBRE - 1987

ANNEXE

*Sélection des CP par la méthode
progressive ascendante
ZONE : I - II - III :*

Sélection des CP par la méthode progressive ascendante:**ZONE 1: OUEST**

Tableau n° 1

<i>Composantes principales Jan, avec indice Février</i>					
N°	INDICE	$r(y,yp)$	accrois	$s(y,yp)$	$r(x,y)$
1	11	0,42	0,179	0,91	0,42
2	1	0,56	0,130	0,83	-0,36
3	13	0,64	0,101	0,77	0,32
4	5	0,70	0,076	0,72	0,28
5	15	0,75	0,074	0,66	0,27
6	21	0,79	0,056	0,62	0,31
7	4	0,82	0,049	0,58	-0,23
8	6	0,84	0,041	0,54	-0,16
9	16	0,86	0,042	0,5	-0,18
10	30	0,89	0,037	0,46	-0,26

Tableau n° 2

<i>composantes principales Jan, avec indice MARS</i>					
N°	INDICE	$r(y,yp)$	accrois	$s(y,yp)$	$r(x,y)$
1	18	0,54	0,295	0,84	-0,54
2	17	0,68	0,174	0,73	0,42
3	9	0,76	0,113	0,65	-0,52
4	15	0,81	0,074	0,58	-0,33
5	7	0,84	0,050	0,54	-0,26
6	1	0,87	0,043	0,50	-0,063
7	4	0,88	0,027	0,47	-0,051
8	16	0,9	0,032	0,44	0,161
9	14	0,91	0,025	0,41	-0,32
10	19	0,94	0,040	0,36	0,059

Tableau n° 3

<i>composantes principales Jan, avec indice Avril</i>					
N°	INDICE	$r(y,yp)$	accrois	$s(y,yp)$	$R(x,y)$
1	2	0,43	0,185	0,90	-0,43
2	6	0,57	0,144	0,82	-0,38
3	29	0,66	0,108	0,75	-0,34
4	27	0,70	0,056	0,71	-0,24
5	24	0,73	0,038	0,68	-0,3
6	3	0,75	0,035	0,66	-0,10
7	30	0,77	0,031	0,64	-0,09
8	4	0,79	0,035	0,61	-0,25
9	5	0,82	0,040	0,57	0,16
10	16	0,85	0,053	0,52	-0,35

Tableau n° 4

<i>composantes principales Fevrier, avec indice MARS</i>					
N°	INDICE	$r(y,yp)$	accrois	$s(y,yp)$	$r(x,y)$
1	8	0,38	0,141	0,93	-0,38
2	6	0,49	0,101	0,87	0,32
3	23	0,56	0,078	0,43	0,16
4	14	0,65	0,098	0,76	0,21
5	12	0,69	0,053	0,73	-0,27
6	21	0,74	0,076	0,67	-0,18
7	25	0,77	0,042	0,64	-0,24
8	5	0,79	0,032	0,62	-0,26
9	3	0,81	0,039	0,58	-0,20
10	27	0,83	0,025	0,56	0,03

Tableau n° 5

<i>composantes principales Février, avec indice AVRIL</i>					
N°	INDICE	$r(y,yp)$	<i>accrois</i>	$s(y,yp)$	$r(x,y)$
1	9	0,50	0,250	0,86	-0,50
2	20	0,57	0,080	0,82	-0,39
3	1	0,62	0,056	0,78	-0,25
4	29	0,66	0,056	0,75	-0,21
5	15	0,71	0,060	0,71	-0,13
6	6	0,74	0,039	0,68	0,23
7	12	0,76	0,037	0,65	0,15
8	7	0,79	0,043	0,62	-0,07
9	3	0,82	0,045	0,58	0,04
10	26	0,83	0,031	0,55	0,19

Tableau n° 6

<i>composantes principales Février, avec indice Mai</i>					
N°	INDICE	$r(y,yp)$	<i>accrois</i>	$s(y,yp)$	$r(x,y)$
1	15	0,46	0,214	0,88	0,46
2	24	0,54	0,080	0,83	-0,03
3	23	0,6	0,071	0,79	0,23
4	18	0,66	0,064	0,75	-0,31
5	12	0,70	0,060	0,71	0,20
6	13	0,73	0,043	0,68	0,29
7	19	0,75	0,024	0,66	0,10
8	14	0,76	0,023	0,64	-0,16
9	17	0,78	0,032	0,62	-0,02
10	8	0,80	0,031	0,59	0,15

Tableau n° 7

<i>composantes principales Mars, avec indice Avril</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	10	0,43	0,182	0.86	-0.50
2	22	0,56	0,129	0.82	-0.39
3	13	0,61	0,062	0.78	-0.25
4	19	0,68	0,088	0.75	-0.21
5	25	0,72	0,057	0.71	-0.13
6	8	0,77	0,070	0.68	0.23
7	15	0,79	0,039	0.65	0.15
8	12	0,82	0,042	0.62	-0.07
9	30	0,85	0,057	0.58	0.04
10	9	0,86	0,040	0.55	0.19

Tableau n° 8

<i>composantes principales Mars, avec indice Mai</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	24	0.50	0.250	0.86	-0.50
2	10	0.61	0.126	0.78	-0.39
3	22	0.67	0.073	0.74	0.24
4	3	0.75	0.106	0.66	0.31
5	13	0.78	0.064	0.61	0.23
6	7	0.81	0.039	0.58	-0.21
7	8	0.83	0.027	0.56	0.06
8	23	0.84	0.029	0.53	-0.04
9	2	0.86	0.025	0.51	0.01
10	25	0.87	0.025	0.48	-0.11

Tableau n° 9

<i>Composantes principales septembre avec indice octobre</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>Accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	22	0.45	0.203	0.89	0.45
2	23	0.63	0.196	0.78	0.44
3	8	0.74	0.152	0.67	0.21
4	12	0.79	0.065	0.62	0.16
5	21	0.81	0.041	0.59	-0.09
6	1	0.83	0.039	0.55	0.11
7	2	0.86	0.037	0.52	0.14
8	26	0.87	0.024	0.49	0.29
9	7	0.88	0.025	0.47	-0.05
10	27	0.90	0.035	0.43	0.07

Tableau n° 10

<i>composantes principales Sept, avec indice Nov.</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	17	0.36	0.132	0.93	-0.37
2	9	0.49	0.111	0.87	-0.27
3	19	0.63	0.155	0.78	-0.26
4	16	0.72	0.122	0.69	0.32
5	27	0.81	0.127	0.59	-0.10
6	8	0.84	0.057	0.55	0.18
7	25	0.86	0.029	0.52	0.21
8	15	0.87	0.027	0.49	-0.09
9	18	0.89	0.024	0.47	-0.09
10	1	0.90	0.024	0.44	0.11

Tableau n° 11

<i>Composantes principales Sept ,avec indice Dec</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	2	0.64	0.413	0.77	-0.64
2	6	0.71	0.089	0.71	0.29
3	20	0.77	0.086	0.64	0.11
4	12	0.80	0.049	0.60	0.20
5	11	0.83	0.050	0.56	-0.085
6	28	0.86	0.044	0.52	0.23
7	27	0.88	0.044	0.47	-0.15
8	22	0.90	0.027	0.44	-0.07
9	23	0.91	0.025	0.42	-0.14
10	3	0.92	0.022	0.39	-0.018

Tableau n° 12

<i>composantes principales Oct avec indice Nov</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>Accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	17	0.42	0.179	0.91	0.42
2	5	0.54	0.117	0.84	-0.11
3	2	0.62	0.093	0.78	-0.18
4	6	0.68	0.075	0.73	0.26
5	23	0.72	0.052	0.69	-0.12
6	18	0.74	0.032	0.67	0.25
7	19	0.76	0.025	0.65	0.05
8	26	0.77	0.025	0.63	0.02
9	25	0.79	0.021	0.62	-0.18
10	11	0.80	0.025	0.59	-0.03

Tableau n° 13

<i>composantes principales Oct, avec indice Dec</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	28	0.38	0.142	0.93	-0.38
2	18	0.51	0.118	0.86	0.34
3	2	0.63	0.134	0.78	0.36
4	30	0.69	0.076	0.73	0.26
5	29	0.72	0.053	0.69	-0.27
6	13	0.76	0.056	0.65	-0.27
7	11	0.80	0.055	0.60	-0.07
8	24	0.82	0.031	0.58	-0.31
9	14	0.83	0.027	0.55	-0.19
10	21	0.84	0.019	0.54	0.11

Tableau n° 14

<i>composantes principales Oct, avec indice Jan</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	23	0.39	0.156	0.85	-0.40
2	25	0.52	0.115	0.79	0.34
3	11	0.58	0.068	0.75	0.30
4	22	0.64	0.071	0.71	0.25
5	3	0.67	0.046	0.68	0.09
6	7	0.70	0.037	0.66	-0.22
7	9	0.73	0.036	0.64	0.28
8	15	0.75	0.034	0.61	-0.20
9	28	0.79	0.059	0.57	-0.10
10	4	0.82	0.042	0.54	-0.29

Tableau n° 15

<i>composantes principales Nov avec indice Dec</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>Accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	4	0.39	0.155	0.92	-0.39
2	16	0.52	0.119	0.85	-0.29
3	5	0.61	0.098	0.79	-0.31
4	13	0.67	0.079	0.74	0.35
5	1	0.72	0.070	0.69	0.26
6	2	0.76	0.057	0.65	-0.33
7	27	0.80	0.056	0.60	-0.26
8	18	0.84	0.064	0.55	0.078
9	3	0.85	0.028	0.52	0.14
10	8	0.86	0.021	0.50	-0.77

Tableau n° 16

<i>composantes principales Dec, avec indice Jan</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	14	0.39	0.154	0.85	0.39
2	16	0.52	0.117	0.79	-0.29
3	2	0.60	0.092	0.74	-0.29
4	20	0.65	0.063	0.70	0.23
5	8	0.70	0.65	0.66	0.19
6	6	0.74	0.053	0.63	-0.22
7	29	0.76	0.037	0.60	-0.06
8	7	0.80	0.068	0.55	-0.21
9	27	0.84	0.056	0.50	0.09
10	25	0.89	0.080	0.43	0.17

Tableau n° 17

<i>composantes principales Dec ,avec indice Fev</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	19	0.47	0.220	0.89	-0.47
2	12	0.61	0.151	0.80	-0.13
3	4	0.70	0.125	0.72	0.26
4	25	0.76	0.085	0.65	0.34
5	24	0.79	0.047	0.62	-0.09
6	11	0.83	0.055	0.57	-0.18
7	29	0.86	0.059	0.51	0.14
8	3	0.89	0.048	0.46	0.06
9	21	0.90	0.024	0.44	0.24
10	15	0.91	0.016	0.42	-0.40

Tableau n° 18

<i>Composantes principales Dec ,avec indice Mar</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>Accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	16	0.52	0.274	0.87	-0.52
2	28	0.70	0.218	0.73	-0.47
3	23	0.80	0.153	0.61	-0.39
4	24	0.85	0.114	0.50	0.33
5	30	0.91	0.064	0.43	0.25
6	6	0.93	0.047	0.37	0.22
7	14	0.94	0.021	0.34	-0.32
8	9	0.95	0.014	0.32	0.19
9	26	0.96	0.013	0.29	0.02
10	11	0.97	0.016	0.26	0.14

Tableau n° 19

<i>Composantes principales Dec, avec indice (Jan+Fev+Mar)/3</i>					
<i>N°</i>	<i>INDICE</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	16	0.54	0.291	0.45	-0.54
2	25	0.66	0.147	0.40	0.38
3	24	0.72	0.078	0.37	0.28
4	14	0.77	0.085	0.34	-0.16
5	27	0.82	0.065	0.31	0.23
6	15	0.85	0.059	0.28	-0.25
7	28	0.87	0.031	0.26	-0.26
8	17	0.88	0.022	0.25	-0.10
9	1	0.91	0.056	0.22	-0.53
10	10	0.93	0.039	0.19	0.34

ZONE 2: CENTRE

Tableau n° 1

<i>Composantes princi. Janvier avec indice Fevrier</i>					
<i>N°</i>	<i>indic.</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	30	0,41	0,164	0,92	-0,41
2	6	0,57	0,165	0,82	-0,38
3	7	0,64	0,075	0,78	-0,01
4	1	0,69	0,074	0,73	-0,27
5	11	0,73	0,059	0,68	0,27
6	16	0,77	0,059	0,64	-0,12
7	5	0,81	0,052	0,59	0,26
8	27	0,84	0,052	0,55	0,15
9	4	0,86	0,044	0,51	-0,07
10	29	0,88	0,031	0,47	-0,22

Tableau n° 2

<i>Comp. princi. Janvier avec indice Mars</i>					
<i>N°</i>	<i>indic</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	28	0,41	0,171	0,92	0,41
2	16	0,56	0,144	0,83	0,37
3	20	0,66	0,118	0,76	0,34
4	9	0,73	0,096	0,69	-0,38
5	25	0,77	0,065	0,64	-0,21
6	8	0,81	0,063	0,59	-0,18
7	14	0,85	0,066	0,53	-0,14
8	29	0,87	0,036	0,49	0,039
9	18	0,89	0,039	0,45	-0,21
10	1	0,91	0,037	0,41	-0,19

Tableau n° 3

<i>Composantes princi.Fevrier avec indice Mars</i>					
<i>N°</i>	<i>indice</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	6	0,46	0,213	0,89	0,46
2	25	0,63	0,188	0,78	-0,36
3	24	0,73	0,125	0,69	0,43
4	19	0,75	0,039	0,66	0,27
5	11	0,78	0,053	0,52	0,10
6	7	0,81	0,033	0,59	0,19
7	10	0,82	0,027	0,57	-0,028
8	18	0,84	0,023	0,55	-0,058
9	23	0,85	0,029	0,52	-0,14
10	27	0,87	0,029	0,49	-0,122

Tableau n° 4

<i>Composantes princi.Sept.et indice Octob.</i>					
<i>N°</i>	<i>indic.</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	8	0,37	0,139	0,93	0,37
2	22	0,52	0,133	0,86	0,29
3	12	0,65	0,149	0,76	0,27
4	28	0,71	0,088	0,70	0,22
5	23	0,75	0,059	0,66	0,19
6	24	0,79	0,052	0,62	0,35
7	6	0,83	0,074	0,55	-0,023
8	11	0,88	0,082	0,47	-0,22
9	29	0,90	0,036	0,43	0,081
10	18	0,92	0,039	0,39	-0,007

Tableau n° 5

<i>Comp. princi. Sept. avec indice Nov.</i>					
<i>N°</i>	<i>indic</i>	<i>R(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	22	0,31	0,098	0,95	-0,31
2	19	0,44	0,095	0,89	-0,31
3	28	0,52	0,074	0,85	-0,27
4	17	0,58	0,068	0,81	-0,26
5	9	0,65	0,090	0,76	-0,22
6	8	0,69	0,057	0,72	0,16
7	30	0,73	0,048	0,68	-0,13
8	15	0,76	0,048	0,65	-0,07
9	1	0,78	0,029	0,62	0,096
10	18	0,80	0,026	0,6	-0,068

Tableau n° 6

<i>Composantes princi. Sept. avec indice Decembre</i>					
<i>N°</i>	<i>indic.</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	2	0,43	0,187	0,90	-0,43
2	11	0,56	0,128	0,82	-0,36
3	30	0,63	0,076	0,78	-0,097
4	16	0,68	0,067	0,73	0,22
5	6	0,73	0,077	0,68	0,25
6	23	0,77	0,060	0,63	-0,24
7	3	0,84	0,102	0,55	-0,25
8	20	0,88	0,072	0,48	-0,071
9	12	0,89	10,029	0,45	0,076
10	29	0,92	0,051	0,39	0,070

Tableau n° 7

<i>Composantes princi. Octobre indice Nov</i>					
<i>N°</i>	<i>Indic</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	21	0,32	0,103	0,94	-0,32
2	29	0,40	0,060	0,91	0,25
3	3	0,48	0,062	0,88	0,18
4	24	0,59	0,126	0,80	0,25
5	17	0,64	0,061	0,76	0,23
6	8	0,69	0,063	0,72	0,095
7	10	0,73	0,052	0,68	0,073
8	26	0,75	0,040	0,65	-0,11
9	13	0,79	0,058	0,61	0,092
10	25	0,81	0,033	0,58	-0,16

Tableau n° 8

<i>Composantes princi. Octobre avec indice Dec.</i>					
<i>N°</i>	<i>indic.</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	2	0,50	10,246	0,87	0,50
2	18	0,61	0,122	0,79	0,25
3	6	0,69	0,107	0,72	0,30
4	9	0,74	0,065	0,68	-0,32
5	1	0,77	0,050	0,64	-0,20
6	23	0,81	0,061	0,59	-0,11
7	11	0,83	0,041	0,55	0,29
8	28	0,85	0,032	0,52	-0,28
9	19	0,87	0,027	0,50	-0,25
10	8	0,90	0,058	0,44	-0,14

Tableau n° 9

<i>Compo. prin. Nov. avec indice Dec.</i>					
<i>N°</i>	<i>Indic</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	2	0,62	0,379	0,78	-0,62
2	4	0,73	0,160	0,68	-0,40
3	27	0,79	0,081	0,62	-0,34
4	12	0,80	0,026	0,59	0,13
5	19	0,81	0,014	0,58	-0,16
6	25	0,82	0,018	0,57	-0,07
7	16	0,84	0,020	0,55	-0,23
8	20	0,84	0,012	0,54	-0,40
9	22	0,85	0,015	0,52	0,13
10	24	0,86	0,012	0,51	-0,16

Tableau n° 10

<i>Composantes princi. Decemb. avec indice Janvier</i>					
<i>N°</i>	<i>indic.</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	17	0,46	0,207	0,90	-0,46
2	21	0,57	0,122	0,83	-0,35
3	19	0,66	0,110	0,76	0,33
4	16	0,72	0,083	0,70	-0,29
5	14	0,78	0,089	0,63	0,39
6	23	0,81	0,042	0,59	0,27
7	1	0,84	0,045	0,55	0,06
8	10	0,85	0,028	0,53	0,33
9	15	0,87	0,035	0,49	-0,018
10	6	0,89	0,03	0,46	-0,133

Tableau n° 11

<i>Compo. prin. Dec. avec indice Fev.</i>					
<i>N°</i>	<i>indic</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	21	0,41	0,172	0,92	0,41
2	25	0,54	0,118	0,85	0,34
3	2	0,66	0,139	0,77	0,34
4	16	0,70	0,063	0,72	-0,26
5	15	0,74	0,061	0,68	-0,35
6	18	0,79	0,071	0,62	0,19
7	27	0,83	0,062	0,57	0,11
8	30	0,87	0,064	0,51	-0,26
9	3	0,89	0,044	0,46	-0,08
10	8	0,91	0,041	0,41	-0,23

Tableau n° 12

<i>Compo. prin. (Sept ind. Oct+nov+dec)/3</i>					
<i>N°</i>	<i>indic.</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	8	0,43	0,187	0,52	0,43
2	11	0,56	0,130	0,47	-0,36
3	17	0,64	0,096	0,44	-0,19
4	12	0,71	10,093	0,40	0,30
5	16	0,75	0,054	0,38	0,35
6	24	0,78	0,043	0,36	0,14
7	30	0,80	0,037	0,34	-0,10
8	2	0,82	0,036	0,33	-0,18
9	29	0,84	0,028	0,31	0,11
10	3	0,87	0,044	0,29	-0,13

Tableau n° 13

<i>Compo. prin. Dec indice (Jan+Fev+Mars)/3</i>					
<i>N°</i>	<i>indic</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	16	0,49	0,243	0,50	-0,49
2	25	0,61	0,129	0,45	0,36
3	7	0,67	0,072	0,43	-0,20
4	2	0,71	0,054	0,40	0,15
5	24	0,74	0,049	0,38	0,14
6	14	0,78	0,054	0,36	-0,11
7	17	0,80	0,044	0,34	-0,19
8	11	0,84	0,055	0,31	-0,067
9	30	0,86	0,036	0,29	-0,15
10	26	0,88	0,035	0,27	0,017

ZONE 3 : EST

Tableau n° 1

<i>Composantes princi. Janvier avec indice Février</i>					
<i>N°</i>	<i>indic.</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>Accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	11	0,40	0,162	0,92	0,40
2	8	0,56	0,155	0,83	-0,39
3	12	0,67	0,128	0,75	-0,36
4	13	0,73	0,092	0,68	0,30
5	4	0,78	0,080	0,62	-0,28
6	5	0,83	0,070	0,56	0,27
7	1	0,86	0,067	0,50	-0,26
8	2	0,91	0,067	0,43	-0,26
9	29	0,93	0,050	0,36	-0,18
10	17	0,94	0,021	0,33	-0,27

Tableau n° 2

<i>Com princi. Janvier avec indice Mars</i>					
<i>N°</i>	<i>indic</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	5	0,38	0,144	0,92	0,38
2	28	0,51	0,117	0,85	0,33
3	23	0,59	0,091	0,80	-0,24
4	6	0,68	0,107	0,73	-0,22
5	27	0,73	0,078	0,68	0,21
6	26	0,78	0,063	0,63	-0,26
7	24	0,81	0,059	0,58	0,16
8	25	0,84	0,047	0,54	-0,18
9	11	0,86	0,032	0,51	0,20
10	19	0,89	0,045	0,46	-0,017

Tableau n° 3

<i>Composantes princi. Février avec indice Mars</i>					
<i>N°</i>	<i>indic.</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	6	0,43	0,183	0,90	0,43
2	25	0,55	0,123	0,83	-0,28
3	22	0,63	0,084	0,77	-0,42
4	24	0,68	0,067	0,73	0,31
5	23	0,73	0,072	0,68	-0,36
6	19	0,77	0,067	0,63	0,29
7	1	0,81	0,062	0,58	0,13
8	9	0,84	0,045	0,54	0,23
9	16	0,88	0,065	0,48	-0,23
10	17	0,91	0,056	0,42	0,04

Tableau n° 4

<i>Composantes princi. Sept avec indice Oct</i>					
<i>N°</i>	<i>indic.</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	10	0,47	0,225	0,88	0,47
2	4	0,60	0,131	0,80	-0,36
3	26	0,68	0,105	0,73	0,25
4	29	0,73	0,065	0,69	-0,21
5	8	0,77	0,066	0,64	0,30
6	23	0,80	0,054	0,59	0,34
7	19	0,84	0,052	0,55	-0,26
8	30	0,87	0,052	0,50	-0,30
9	27	0,89	0,047	0,45	0,25
10	25	0,90	0,020	0,43	-0,12

Tableau n° 5

<i>Composantes princi. Sept avec indice Nov</i>					
<i>N°</i>	<i>indic</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	19	0,41	0,170	0,91	-0,41
2	21	0,57	0,153	0,82	-0,39
3	11	0,68	0,141	0,73	0,24
4	8	0,74	0,084	0,67	0,22
5	26	0,79	0,070	0,62	-0,26
6	14	0,82	0,049	0,58	0,087
7	10	0,84	0,038	0,54	0,24
8	12	0,87	0,047	0,50	0,068
9	1	0,89	0,041	0,45	-0,018
10	15	0,92	0,046	0,40	0,065

Tableau n° 6

<i>Composantes princi. Sept avec indice Decembre</i>					
<i>N°</i>	<i>indic.</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	25	0,49	0,239	0,87	0,49
2	3	0,66	0,195	0,75	-0,38
3	22	0,75	0,127	0,66	0,36
4	18	0,81	0,089	0,59	0,43
5	21	0,84	0,060	0,54	-0,23
6	20	0,86	0,035	0,50	0,13
7	1	0,88	0,031	0,47	-0,16
8	2	0,90	0,030	0,44	-0,22
9	17	0,92	0,037	0,39	-0,101
10	30	0,93	0,020	0,37	-0,09

Tableau n° 7

<i>Compos princi. Nov indice Dec</i>					
<i>N°</i>	<i>indic</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	16	0,36	0,132	0,93	-0,36
2	19	0,46	0,076	0,89	-0,28
3	14	0,53	0,067	0,85	0,34
4	24	0,60	0,082	0,80	-0,22
5	20	0,64	0,057	0,76	-0,24
6	18	0,67	0,039	0,74	-0,20
7	8	0,70	0,041	0,71	0,21
8	6	0,73	0,041	0,68	-0,19
9	25	0,76	0,048	0,64	-0,22
10	10	0,80	0,058	0,60	0,053

Tableau n° 8

<i>Composantes princi. Oct avec indice Nov</i>					
<i>N°</i>	<i>indic.</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	19	0,35	0,125	0,93	0,35
2	22	0,47	0,100	0,88	0,32
3	8	0,55	0,082	0,83	-0,023
4	21	0,63	0,090	0,77	-0,28
5	24	0,69	0,091	0,71	0,19
6	17	0,73	0,051	0,68	0,13
7	13	0,77	0,057	0,63	0,15
8	23	0,81	0,053	0,59	-0,26
9	7	0,85	0,065	0,53	0,21
10	27	0,89	0,076	0,46	-0,103

Tableau n° 9

<i>Compos princi. Oct avec indice Dec.</i>					
<i>N°</i>	<i>indic</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	11	0,39	0,152	0,92	0,39
2	22	0,53	0,133	0,84	0,34
3	2	0,64	0,128	0,77	0,24
4	19	0,73	0,123	0,68	-0,30
5	8	0,79	0,092	0,61	-0,31
6	24	0,82	0,043	0,57	-0,18
7	14	0,84	0,037	0,54	-0,22
8	30	0,86	0,036	0,51	-0,13
9	25	0,87	0,020	0,49	0,19
10	4	0,88	0,010	0,48	-0,18

Tableau n° 10

<i>Composantes princi. Dec avec indice Jan</i>					
<i>N°</i>	<i>indic.</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	2	0,42	0,179	0,92	-0,42
2	16	0,60	0,184	0,81	-0,42
3	14	0,70	0,122	0,73	0,29
4	11	0,75	0,081	0,67	0,28
5	20	0,80	0,071	0,61	0,24
6	22	0,83	0,059	0,56	0,27
7	9	0,86	0,036	0,53	-0,14
8	30	0,88	0,044	0,48	0,13
9	23	0,90	0,039	0,44	0,061
10	10	0,92	0,026	0,40	0,13

Tableau n° 11

<i>Compos princi. Dec avec indice Fev.</i>					
<i>N°</i>	<i>indic</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	27	0,45	0,199	0,91	-0,45
2	8	0,60	0,160	0,82	0,38
3	12	0,69	0,111	0,74	-0,31
4	1	0,75	0,094	0,67	-0,33
5	4	0,81	-0,086	0,60	-0,33
6	20	0,84	0,053	0,56	-0,03
7	6	0,87	0,045	0,51	0,06
8	28	0,89	0,039	0,47	-0,14
9	13	0,91	0,034	0,43	-0,07
10	17	0,92	0,032	0,39	0,07

Tableau n° 12

<i>Compos princi. Sep avec indice Oct.Nov.Dec.</i>					
<i>N°</i>	<i>indic.</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	4	0,48	0,234	0,53.	-0,48
2	21	0,61	0,142	0,48.	-0,40
3	10	0,71	0,132	0,43	0,28
4	12	0,78	0,093	0,38	0,07
5	18	0,81	0,061	0,36	0,29
6	5	0,84	0,046	0,33	-0,09
7	28	0,87	0,051	0,30	-0,03
8	8	0,89	0,036	0,28	0,20
9	29	0,92	0,052	0,24	-0,08
10	22	0,93	0,020	0,22	0,08

Tableau n° 13

<i>Compos princi. Dec avec indice Jan.Fev. Nov.</i>					
<i>N°</i>	<i>indic</i>	<i>r(y,yp)</i>	<i>accroi.</i>	<i>s(y,yp)</i>	<i>r(x,y)</i>
1	25	0,50	0,252	0,54	0,50
2	16	0,70	0,235	0,44	-0,49
3	15	0,74	0,064	0,42	-0,33
4	27	0,78	0,053	0,39	0,09
5	3	0,81	0,054	0,36	-0,16
6	17	0,84	0,044	0,34	-0,20
7	10	0,87	0,047	0,31	0,25
8	6	0,89	0,053	0,28	0,03
9	14	0,92	0,043	0,24	-0,15
10	21	0,94	0,040	0,21	-0,03