

## VARIABILITE DE LA PLUVIOMETRIE ET SON IMPACT SUR LA PRODUCTION CEREALIERE AU NORD DE L'ALGERIE. PERIODE (1970-2009)

Reçu le 21/12/2010 – Accepté le 14/06/2012

D. SMADHI<sup>1</sup>, L. ZELLA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INRA, Laboratoire de Bioclimatologie, Alger, Algérie. <sup>2</sup>Université de Blida, Algérie. Email : [lakhdarz@yahoo.fr](mailto:lakhdarz@yahoo.fr)  
Email : [dalsmadhi@yahoo.fr](mailto:dalsmadhi@yahoo.fr).

### Résumé

La céréaliculture pluviale occupe 2,7 millions d'hectares, soit 97% de la surface agricole utile du Nord de l'Algérie. Elle produit annuellement, bon an mal an, 25 millions de quintaux, à raison d'un rendement moyen de 9 quintaux à l'hectare malgré le soutien de l'Etat. L'autosuffisance alimentaire très faiblement assurée (25%), impose des importations qui atteignent désormais plus de 50 millions de quintaux. Cette situation est attribuée principalement à l'insuffisance des pluies et surtout sa variabilité dans le temps et dans l'espace. A cet effet, l'étude porte sur l'évolution de la pluviométrie annuelle, celle des superficies céréalières, les tonnages produits ainsi, que les rendements sur les 39 dernières années. L'objectif est d'évaluer dans le temps et dans l'espace chaque paramètre ainsi, que le degré de liaison qui existe entre eux. Cette démarche constituerait une première étape vers une perspective d'amélioration de la productivité. Les résultats montrent que dans le temps, les pluies évoluent en trois phases dans les limites 300 et 600 mm : une phase stationnaire, suivie par un épisode sec puis un autre humide. Ces limites expriment des écarts compris entre -34% et +31% par rapport à la moyenne générale de 457 mm. Dans l'espace cette pluviométrie marque un gradient qui diminue de 40% d'Est en Ouest. Ces résultats opposent ceux de la production, variable entre 8 et 46 millions de quintaux, évaluant ainsi, l'écart moyen à 84%. Cet écart est expliqué par la pluviométrie à 23%, et par le rendement à 21%. Ce dernier variant relativement dans le sens de la pluviométrie. Qu'il s'agisse de période sèche ou humide, la pluviométrie a un impact réel sur la production et le rendement céréalier, à travers l'utilisation efficiente de la pluviométrie en liaison avec les techniques culturales apportées et les surfaces emblavées annuellement, dans chaque wilaya céréalière.

**Mots clés :** Nord de l'Algérie, céréaliculture, production, pluviométrie, variabilité.

### Summary

Variability in rain fall and its impact on cereal production in Northern Algeria. The rain cultivation of cereals occupies 2,7 million hectares, 97% of the agricultural area of North Algeria. It produces annually, year in and year out, 25 million quintals, at the rate of an average yield of 9 quintals per hectare, despite support from the state. Food self-sufficiency achieved very low (25%), requires that imports have now reached over 50 million quintals. This is attributed mainly to inadequate rains and especially its variability in time and space. To this end, the study focuses on the evolution of the annual rainfall, the area of grain, tonnage and products, the yields on the last 39 years. The objective is to evaluate in time and space and each parameter, the degree of association between them. This would be a first step towards a view to improving productivity. The results show that over time, the rains move in three phases within the 300 and 600 mm, stationary phase, followed by a dry period then another wet. These limits express differences between -34% and +31% compared to the overall average of 457 mm. In this space represents a rainfall gradient decrease by 40% from East to West. These results oppose those of production, which varies between 8 and 46 million quintals, thus assessing the average difference of 84%. This difference is explained by rainfall at 23% and 21% yield. The latter varying the direction of relatively rainfall. Whether wet or dry period, rainfall has a real impact on production and grain yield through the efficient use of rainfall in association with cultivation techniques and plantings made annually in each wilaya cereal.

**Keywords:** North of Algeria, cultivation of cereals, production, rainfall, variability

### ملخص

تحتل الزراعة المطرية 2,7 مليون هكتار، أي 97% من المساحة الزراعية النشطة في شمال الجزائر. تنتج سنوياً، سنة بعد سنة، 25 مليون quintal، بمعدل إنتاج متوسط 9 quintal/هكتار، رغم الدعم الحكومي. الاكتفاء الذاتي الغذائي منخفض جداً (25%)، مما يتطلب استيراد أكثر من 50 مليون quintal. هذا يرجع أساساً إلى قلة الأمطار وخصوصاً تقلبها في الزمان والمكان. لهذا الغرض، تركزت الدراسة على تطور الهطول السنوي، المساحة الحبوبية، التوليفات المنتجة، والإنتاجات خلال السنوات الـ 39 الماضية. الهدف هو تقييم في الزمان والمكان كل معيار، درجة الترابط بينها. هذا سيكون خطوة أولى نحو تحسين الإنتاجية. النتائج تظهر أن الأمطار تتحرك خلال ثلاث مراحل في حدود 300 و 600 ملم، مرحلة ثابتة، تليها فترة جافة ثم أخرى رطبة. هذه الحدود تعبر عن فروق بين -34% و +31% مقارنة بالمتوسط الكلي البالغ 457 ملم. في هذا المجال يمثل هطول الأمطار تدرجاً ينخفض بمقدار 40% من الشرق إلى الغرب. هذه النتائج تتعارض مع تلك الخاصة بالإنتاج، التي تتراوح بين 8 و 46 مليون quintal، مما يقيّم الفارق المتوسط بـ 84%. هذا الفارق يفسر بالأمطار بـ 23%، وبالإنتاج بـ 21%. الأخير يتغير في اتجاه الهطول النسبي. سواء في فترة رطبة أو جافة، الهطول له تأثير حقيقي على الإنتاج والإنتاج الحبوبية من خلال الاستخدام الفعال للأمطار في ارتباطها مع التقنيات الزراعية والعمليات السنوية في كل ولاية زراعية.

Les céréales, le blé dur, le blé tendre, l'orge et l'avoine font parties des plus importantes cultures du Nord Algérie. Elles sont pratiquées en pluviale sur 2,7 millions d'hectares (ha) et occupent jachère comprise, 97% de la surface agricole utile (SAU). Leurs productions ne dépassent pas une moyenne de 25 millions de quintaux (q) pour un rendement proche de 9 q/ha [1]. Ce chiffre représente le tiers de la moyenne mondiale, évalué à 27 q/ha, une valeur qui masque des rendements record, comme ceux de la Namibie (88,9 q/ha) ou des Pays Bas (87,2 q/ha), ou encore ceux de la France (70 q/ha) [2]. Ces pays tributaires de climats relativement favorables, bénéficient de plus, soit d'une technicité élevée, soit des avantages de l'irrigation, comme l'Égypte qui en tire profit avec 65 q/ha sous un climat hyper aride. Dans les autres pays arides et semi-arides tels les Etat-Unis et l'Australie, ces rendements avoisinent 15 et 28 q/ha [3]. Ils ne dépassent pas 11 et 13 q/ha en Tunisie et au Maroc, pays voisins dont les pratiques et le climat sont relativement similaires [4 ; 5].

Le rendement de l'Algérie demeure parmi les plus faibles au monde avoisinant ceux des pays relativement pauvres, comme l'Éthiopie ou la Bolivie [3].

La production algérienne ne répond ainsi, qu'au quart du besoin annuel de consommation, estimé à 80 millions de quintaux. Le déficit de 75%, a engendré une facture de 3 milliards de dollars en 2008 et 2009 [6]. Ce chiffre propulse l'Algérie au premier rang des pays importateurs de céréales, avec près de 60 millions de q/an, soit 5% des achats mondiaux [7 ; 8], en dépit des bonnes récoltes exceptionnelles comme celle de l'année 2006/2007 qui a atteint 41 millions q. Les importations en blé dur et en blé tendre proviennent notamment de la France, pour laquelle l'Algérie est un client de première place [9]. Cette dépendance exogène renforce fatalement la perspective d'insécurité alimentaire et entrave en conséquence le développement du pays y compris, celui de la céréaliculture.

La céréaliculture occupe à l'échelle mondiale une place primordiale dans les programmes de recherches agricoles, une priorité que la situation de l'Algérie exige, en particulier pour le blé dur et l'orge. Ces cultures constituent près de 80% de la nutrition humaine et animale. Elles sont considérées socio économiquement comme culture stratégique du pays.

La céréaliculture pluviale occupe la partie Nord de l'Algérie relativement bien arrosée, une aire recevant annuellement une pluviométrie comprise entre 200 et 1 500 mm. Ce facteur naturel est souvent considéré comme la contrainte majeure qui affecte la productivité, mais il n'a bénéficié que de très peu de recherche. Les premiers travaux [10 ; 11] réalisés dans ce domaine, remontent aux périodes (1886-1896) et (1913-1938). Cette dernière constitue une référence pour plusieurs études. Des cartes pluviométriques plus récentes sont réalisées pour la période (1922-1960) [12] et pour la période (1960-1990) [13]. Ces travaux qui n'ont pas combiné la production céréalière ont

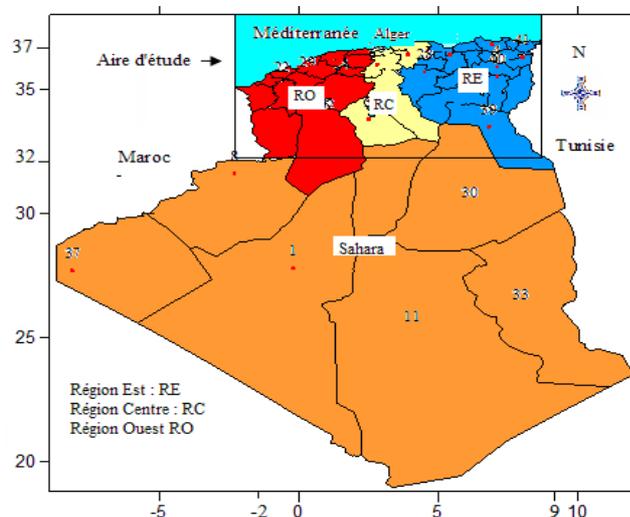
permis, en dépit du caractère variable du climat, une première classification de la pluviométrie annuelle. Pionnier [14] et Baldy [15] ont tenté des corrélations et concluent que, seules les lames pluviométriques entre 350 à 650 mm permettent une production céréalière plus ou moins acceptable, à condition qu'elles soient réparties selon les besoins en eau de la culture. Les recherches se poursuivent afin de comprendre ce facteur climatique et sa variabilité dans le temps et dans l'espace, limitant la production céréalière pluviale ; sachant que l'option de l'irrigation est écartée en raison du déficit hydrique du pays. Il s'agit par ailleurs, de l'amélioration variétale et de la fertilisation. Dans les stations expérimentales (ITGC) implantées en Algérie, les résultats de recherches sont souvent très supérieurs à ceux enregistrés chez les producteurs, les variétés étant soumises à des conditions optimales de développement. En effet, le travail du sol, le désherbage, la date de semis et surtout la fertilisation, propulsent les rendements céréaliers jusqu'à atteindre des rendements supérieurs à 50 q/ha [16].

Cette étude se fixe pour objectif d'évaluer la variabilité de la pluviométrie à l'échelle annuelle afin de déceler les éventuelles interférences avec les surfaces emblavées, les productions et les rendements durant les 39 dernières années (1970-2009), caractérisées par davantage d'importations et surtout par le spectre du réchauffement climatique. Le choix de cette période est tributaire de l'existence des données agricoles au niveau de l'aire d'étude.

## MATERIELS ET METHODES

### Aire d'étude

L'aire d'étude couvre le territoire Nord de l'Algérie (NA), située aux latitudes 32° et 37° et aux longitudes -2° et 9°. Elle s'étend sur 35,9 millions ha, soit 17% du territoire national. Elle est subdivisée principalement en trois régions : la région Est (RE), la région Centre (RC) et la région Ouest (RO), couvrant respectivement 36%, 17% et 47% du total (figure 1).



**Figure 1.** Localisation géographique de l'aire d'étude (Nord Algérie), échelle, 1/40 000 000.

Elle compte 40 unités territoriales, limitées administrativement en wilayas (départements) de proportions variables. La plus faible surface (80 900 ha) représente la wilaya d'Alger localisée au Nord ; et la surface la plus élevée (7 887 000 ha) est celle de la wilaya d'El Bayadh, située au Sud Ouest du pays. Ces wilayas sont les limites naturelles de la céréaliculture pluviale. Elles sont caractérisées par une altimétrie variant entre 0 et 2 300 m avec une moyenne de 800 m, le relief est très vallonné avec une pente qui atteint 45% [17]. Ces wilayas sont numérotées par ordre alphabétique dont quelques unes sont signalées sur la carte.

### Données pluviométriques

Les séries de données pluviométriques de septembre à août, sont récoltées sur la période (1970-2009). Ces séries appartiennent au réseau de stations météorologiques (40 stations), géré par l'office national de la météorologie (ONM) ainsi qu'un autre, appartenant à l'agence nationale (36 stations) de la ressource hydraulique (ANRH). Chaque wilaya est dotée d'au moins une station. Les données sont analysées, vérifiées et corrigées en tenant compte des coordonnées latitudinaux, longitudinaux et altitudinaux, de l'historique des stations et du type d'appareillages de mesures utilisés, par chaque organisme. La démarche considère les séries pluviométriques complètes comme références tel que le cas, des séries des stations de Constantine, de Sétif, d'Annaba, d'Alger, de Djelfa et d'Oran pour vérifier et corriger les valeurs manquantes des séries incomplètes. Cette démarche déjà utilisée par Chaumont et Paquin [12] et par l'ANRH [13], assure la linéarité des séries pluviométriques dans le temps et dans l'espace. Ainsi, les séries de données établies à l'échelle annuelle, contribuent dans un premier temps à diagnostiquer les anomalies climatiques ayant caractérisé l'aire d'étude, et leur impact sur la céréaliculture, au cours de ces dernières années. Ces opérations sont effectuées par l'intermédiaire de logiciels (Dbase, Excel, Instat version 3.75, Hydrolab, Instat version 3.1 et Statistica), facilitant les calculs laborieux.

### Données agricoles

Les cultures céréalières retenues sont le blé dur, le blé tendre, l'orge et l'avoine. Elles couvrent annuellement 2,7 millions ha et occupent l'essentielle de l'activité socio-économique du monde rural, avec 97% de la SAU [1]. Chaque wilaya est dotée de données des surfaces emblavées annuellement, celles des productions et des rendements céréalières. Ces données saisies à partir des BSA publiés par le Ministère de l'Agriculture, sont récoltées sur la période suscitée. Le tableau 1 récapitule les données moyennes des trois régions de l'aire d'étude.

Le tableau 1 montre des SAU céréalières relativement élevées dans la RE (44%) et dans la RO (39%), celles de la RC n'occupent que 17%. Cette répartition suit parallèlement celle des surfaces territoriales. Dans le détail, la surface réservée au blé dur s'avère la plus importante

(45%). Elle occupe dans la RE, 52% ; dans la RC, 15% et dans la RO, 33% de la surface céréalière emblavée. Celle réservée à l'orge est moins importante, 29% soit 47% (RE), 11% (RC) et 41%(RO). Le blé tendre et l'avoine venant en troisième et quatrième positions avec des pourcentages relativement plus faibles (22% et 4%). La surface céréalière totale représente 7% de l'aire d'étude, elle est dominée à 67% par les blés.

### Evaluation statistique des données.

Les données pluviométriques annuelles et agricoles (surface, production et rendement) sont analysées sur la base de la moyenne et de la variance. Ces paramètres statistiques souvent utilisés pour quantifier la variabilité [18], sont récapitulés par l'analyse factorielle. Cette approche contribue à classer dans le temps et dans l'espace, les variables aléatoires sur la base des coefficients de corrélations au seuil de probabilité significatif, de 95%. Cette classification est d'un intérêt particulier dans les régions à saisonnalité complexe [19]. Elle contribue à décrire des structures présentes dans des champs corrélés, tant dans le temps que dans l'espace, cas des données climatiques.

Par ailleurs, la tendance moyenne de ces facteurs dans le temps et dans l'espace, est mise en évidence par la méthode des moyennes mobiles pondérées. La démarche est inspirée des chaînes de Marchov d'ordre 1. Dans ce cadre, la moyenne mobile considère chaque pluviométrie comme la somme d'une variable aléatoire et d'un polynôme fonction de l'ensemble des observations antérieures. La méthode appliquée généralement à la pluviométrie [20], permet de comparer la tendance des moyennes mobiles à la moyenne interannuelle. Cette comparaison est représentée par le calcul de la tendance des écarts, évalués en pourcentages. Ces derniers reflètent les années ou phases stationnaire, humide et sèche en liaison avec les années ou phases productive et moins productive. L'évolution de la pluviométrie, de la production et du rendement est illustrée aux pas temporel, spatial et spatio-temporel. L'analyse prend en compte l'échelle de l'aire d'étude ainsi, que l'échelle régionale.

### Pluviométrie - production - rendement

La relation est analysée sur la base de la loi normale. Les données pluviométriques annuelles sont classées selon un ordre croissant. Les pentes de régressions établies, sont assimilées selon Latiri [21] à l'efficacité d'utilisation de la pluviométrie. Les classes de valeurs pluviométriques, comparées à la moyenne, correspondent à des situations humides, normales, sèches en relation avec la production et la productivité.

**Tableau 1 :** Répartition des SAU (ha) et celles des cultures (blé dur, blé tendre, orge et avoine) par rapport aux surfaces territoriales des régions.

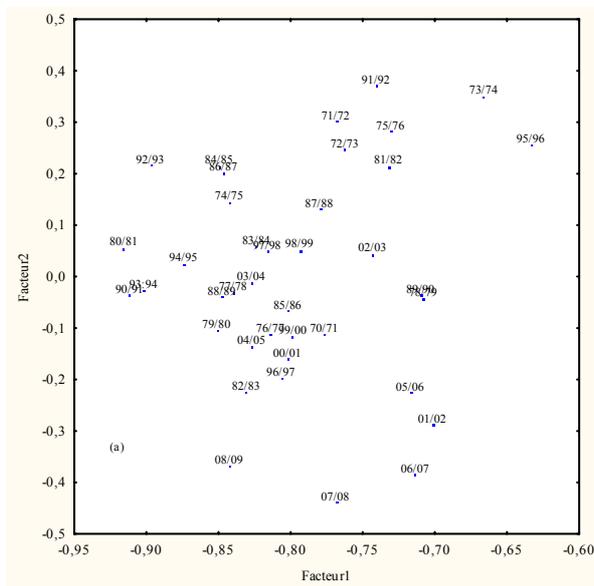
Régions	Surfaces en hectares						
	Territoriales	SAU	blé dur	blé tendre	orge	Avoine	Céréales
Est (RE)	12 889350	3 526 557	644 585	192 375	375 008	28 371	1 240 339
Centre (RC)	6 127 530	1 399 967	190 910	45 611	97 206	11 827	345 555
Ouest (RO)	16 883 120	3 138 850	410 599	361 283	332 526	69 681	1 174 089
NA	35 900 000	8 065 374	1 246 094	599 270	804 740	109 879	2 759 983

NA : Nord Algérie

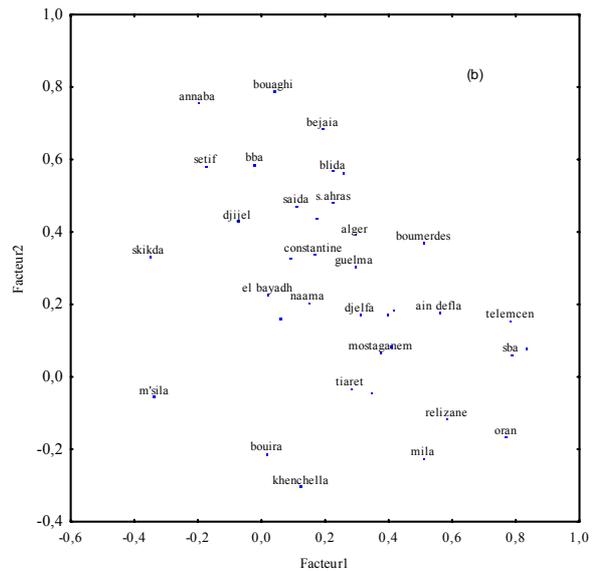
## Résultats et interprétations

### Pluviométrie

La pluviométrie annuelle moyenne considérée à l'échelle du NA, montre statistiquement des inter-relations assez élevées ( $R^2$ ) dans le temps et dans l'espace, sur 39 ans. Ces inter-relations estiment la variabilité à 38%, à l'échelle temporelle et à 75%, à l'échelle spatiale. Les résultats récapitulés par la figure 2, montre la classification des pluies en tenant compte des coefficients de corrélations. Le facteur 1 représente les coefficients de corrélations ( $r_1$ ) dont les valeurs les plus élevées, expliquent la plupart des pluies temporelles (années) et spatiales (wilayas). Le facteur 2 représente les coefficients de corrélations ( $r_2$ ) avec des valeurs moins élevées, expliquant davantage ce qui n'a pas été expliqué par  $r_1$ .



(a)



(b)

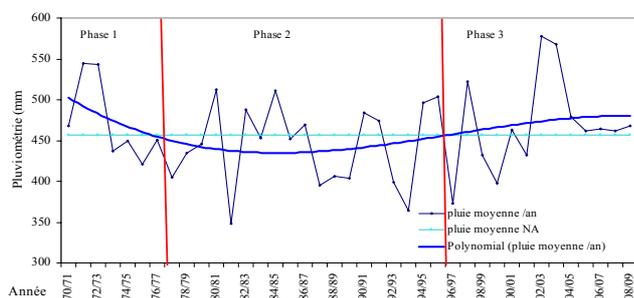
**Figure 2.** Coefficients de corrélations caractéristiques des variables pluviométriques dans le temps (a) et dans l'espace (b).

### Analyse temporelle

Dans le temps, la pluviométrie moyenne de l'aire d'étude, est estimée à 457 mm sur la période (1970-2009). Théoriquement, cette valeur distingue trois (3) phases qui cachent une réalité pluviométrique constituée d'irrégularités et d'extrêmes qui s'écartent de plus en plus de la moyenne (figure 3).

La première phase est relativement courte, elle correspond aux années 1970-1977, soit 7 ans. La deuxième s'étend entre 1977-1997, soit une période de 20 ans et la troisième couvre les 12 dernières années, entre 1997 et 2009. Leurs moyennes pluviométriques de l'ordre de 462 mm, 440 mm et 470 mm, relèvent des écarts respectifs de +1%, -4% et +3% par rapport à la moyenne générale. Les écarts négatifs obtenus, sont notamment liés aux pluies qui ont diminué à 345 et à 361 mm en 1981/1982 et en 1993/1994, puis ayant augmenté à 578 mm en 2002/2003. Une alternance successive de phase relativement stationnaire, de phases sèche puis humide semble caractériser la pluviométrie annuelle. La variabilité

moyenne (38%) à cette échelle de temps, montre par ailleurs une pluviométrie à la hausse, au cours de cette dernière décennie.



**Figure 3.** Evolution temporelle de la pluviométrie au Nord Algérie, période (1970-2009).

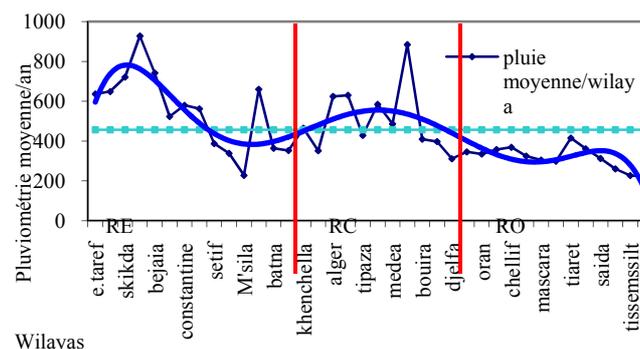
### Analyse spatiale

Dans l'espace, la pluviométrie annuelle organisée selon un ordre Est Ouest et Nord Sud, montre selon la figure 4 la tendance des pluies dans la RE, la RC et la RO. Cette tendance se caractérise par les moyennes mobiles en référence à la moyenne générale.

La RE avec 16 wilayas, enregistre une moyenne de pluie de 531 mm. Cette moyenne cache les wilayas côtières arrosées par des pluies de 950 mm (cas de la wilaya de Jijel) et celles des hauts plateaux telliens, plus au Sud où la pluviométrie régresse à 239 mm (cas de la wilaya M'sila). Cet écart de 711 mm, soit -75% traduit un gradient décroissant vers le Sud et souligne le contraste dans le climat, ce qui permet de distinguer deux sous régions : celle du Nord humide (REH) et celle du Sud sec (RES). La première rassemble 8 wilayas couvrant 27% de la RE, elle caractérise une moyenne pluviométrique mobile qui dépasse de +39% la moyenne du territoire Nord. La seconde regroupe 8 wilayas également, totalisant une surface qui atteint 73% de la RE, et présente une moyenne pluviométrique mobile qui s'écarte de -10% par rapport à la moyenne. Ces pluies couvrent des surfaces céréalières qui évoluent dans l'ordre entre 474 480 ha et 765 859 ha.

La RC avec seulement 9 wilayas, reçoit une moyenne de 521 mm, soit un écart de +14% est enregistré par rapport à la moyenne globale. Les pluies les plus élevées, sont observées non pas sur le littoral mais dans les wilayas montagneuses (Tizi Ouzou, Médéa), situées à quelques dizaines de kilomètres de la côte méditerranéenne. En revanche les soles sont majoritairement pentues avec une moyenne qui ne dépasse pas 345 555 ha.

La RO composée de 13 wilayas, bénéficie d'une moyenne pluviométrique plus faible, 318 mm. Cette moyenne régionale qui s'écarte de -30% de la moyenne du Nord du pays, arrose annuellement une SAU importante et une surface céréalière de 1 174 089 ha. Un gradient Nord Sud est également observé, mais de manière plus prononcée.



**Figure 4.** Fluctuation de la pluviométrie par rapport aux moyennes selon une orientation géographique Est Ouest, au Nord Algérie, (1970-2009).

Le passage d'une région orientale côtière arrosée à une région occidentale sèche, reflète un gradient décroissant de la RE (>500 mm) à la RO (300 mm), à l'opposer des surfaces céréalières emblavées sur tout le Nord du pays.

La variabilité spatiale des pluies d'une wilaya littorale pluvieuse, cas de Jijel (950 mm) à une wilaya continentale sèche, cas de Tissemsilt (241 mm) atteint comme articuler précédemment, 75%. Ainsi, de la RE à la RO, les pluies soulignent une diminution moyenne équivalente à 40%. Ces résultats qui évoluent dans le même sens que ceux obtenus par Seltzer (1949) pour la période antérieure (1913-1938), marquent dans le temps, une diminution des lames d'eaux de l'ordre de 16%. Ces lames mettent ainsi, en exergue la sécheresse annuelle, de ces dernières années.

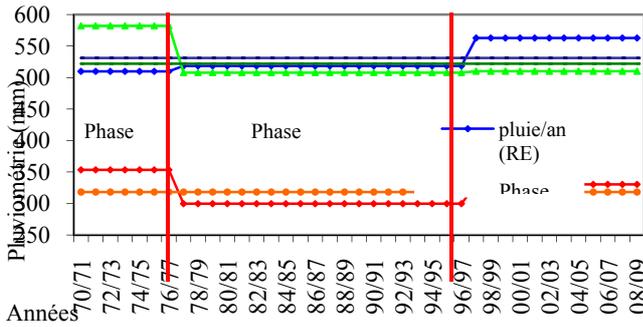
### Analyse spatio-temporelle

La pluviométrie analysée dans le temps et dans l'espace (figure 5), montre plus précisément les caractéristiques régionales des résultats illustrés par la figure 1 et 2.

Durant la phase 1, l'écart pluviométrique enregistré, est lié aux pluies moyennes relativement faibles de la REH et de la RES.

Durant la phase 2, cette écart matérialise les tendances pluviométriques moyennes relativement insuffisantes dans la majorité des régions. Ces insuffisances caractérisent des écarts régionaux compris entre -3% et -6% de la REH à la ROS.

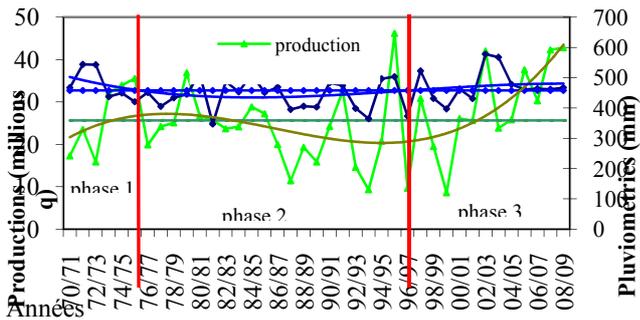
Enfin, durant la phase 3, l'écart pluviométrique positif résulte des tendances globales de pluies qui ont progressé dans l'ensemble des régions. Au cours de cette phase, les pluies ont atteint près de 1 500 mm en 2000/2001 et 620 mm en 2002/2003, dans les wilayas comme Jijel, Béjaia, Annaba, Sidi Bel Abbes et Mostganem. La variabilité pluviométrique spatio-temporelle, met en évidence l'évolution des phases excédentaires et celles déficitaires en relation avec l'étendue de l'aire d'étude et les surfaces céréalières emblavées annuellement, à l'échelle régionale.



**Figure 5.** Evolution spatio-temporelle de la pluviométrie (mm) régionale, période (1970-2009).

**Pluviométrie et production céréalière**  
**Analyse temporelle**

La production céréalière du NA sur les 39 dernières années, a atteint une moyenne de 25 millions q. Elle varie d'une manière irrégulière, passant d'un minimum de 8 millions q en 1999/2000 à un maximum de 49 millions q en 1995/1996. L'écart entre ces deux extrêmes atteint 84%. Théoriquement, la tendance moyenne productive durant cette période, suit celle de la pluviométrie notamment pour les deux dernières phases (figure 6).



**Figure 6.** Evolution temporelle de la production annuelle moyenne (q) par comparaison à la pluviométrie (mm), au Nord Algérie (1970-2009).

La première à caractère pluviométrique stationnaire, enregistre une tendance de production dont l'écart est de -1% par rapport à la moyenne générale. Cet écart est fourni par les productions qui n'ont pas dépassé 17 et 15 millions q, les années 1970/1971 et 1972/1973.

La deuxième et la troisième phase à caractères pluviométriques déficitaires et excédentaire, relèvent par ailleurs, des écarts productifs de -9% et de +15% par rapport à la moyenne de production.

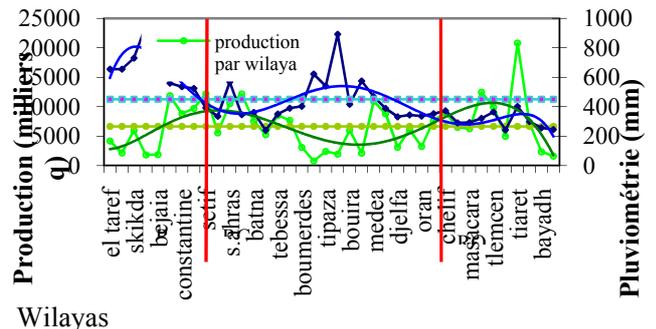
Le saut productif moyen d'une phase à l'autre passe de -8% à +24%, en relation avec les pics de productions (46 millions et 41 millions q) réalisés les années 1995/1996 et 2002/2003, des années pluvieuses (522 mm, 595 mm) dépassant la moyenne de 65 à 138 mm.

Ces résultats sont en relation avec la variabilité productive annuelle, estimée à 30%.

**Analyse spatiale**

La production céréalière par wilaya est proche de 664 374 q, elle montre des fluctuations régionales en contraste avec celles des pluviométries (figure 7).

Dans la RE à caractère humide et sec, les écarts productifs moyens évoluent entre -13% et +31%. Dans la RC humide et la RO sèche, ces écarts sont compris entre -35% et +13%. Ces chiffres opposent ceux des pluies (+44%  $\leq$  Et  $\leq$  -33%) et caractérisent toutefois, des réalités de productions qui atteignent 1,1 millions à 1,9 millions q pour des pluviométries qui passent du simple (300 mm) au double (600 mm). C'est le cas dans les wilayas de Guelma (579 mm), Oum El Bouaghi (346 mm), Sétif (391 mm), Médéa (500 mm), Tiaret et Sidi Bel Abbes (proches de 300 mm). Ces productions sont en effet, surtout reflétées par les emblavures qui représentent dans l'ordre le tiers, le double et le triple de la surface moyenne ensemencée annuellement (90 795 ha) à l'échelle de wilaya. Ils indiquent par ailleurs, des productions plus faibles (moins de 315 442 q) dans les wilayas comme Jijel, Béjaïa, Boumerdes, Alger et Tipaza. Des wilayas principalement montagneuses et littorales et dont les surfaces céréalières moyennes sont limitées. La variabilité de la  $P_r$  moins prononcée (+63%) que celle de la  $P_A$ , montre une augmentation spatiale de la production (+5%) de la RE à la RO alors que, la  $P_{Am}$  diminue.



**Figure 7.** Evolution spatiale de la production (q) par rapport à la pluviométrie dans les wilayas céréalières du NA, (1970-2009).

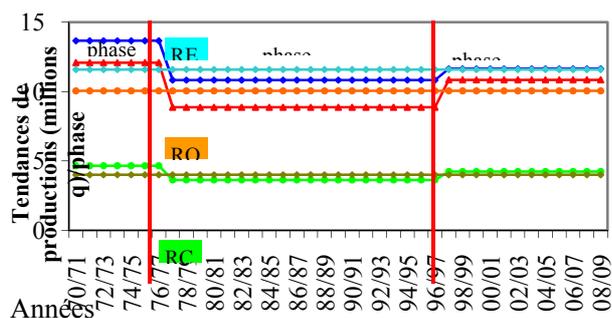
**Analyse spatio-temporelle**

Comme la pluviométrie, la production moyenne dans le temps montre les tendances de chaque phase à l'échelle régionale (figure 8). Au cours de la phase 1, l'écart productif positif est provoqué par ceux de la RE (REH et RES) et de la RO sèche. Ces écarts compris entre +10%, +3% et +7% sont contradictoires à l'évolution de leurs pluviométries respectives.

Quant à la phase 2, l'écart négatif globale caractérise des productions régionales qui convergent dans le sens de leurs pluviométries. Les écarts les plus élevés, définissent la RO (-27%) et la RE (-14%), sèches.

Enfin, la phase 3 l'écart positif est lié particulièrement à ceux des productions de la RO (+27%) et de la RE (+19%),

sèches. Ces écarts plus importants que ceux (+15%) de la RE et de la RC humides, bénéficient cependant de pluies plus faibles. A titre indicatif des pluies comprises entre 300 et 447 mm ont produit des moyennes de 15 millions q dans les régions sèches, alors que des pluies égales et supérieures à 635 mm n'ont fourni que 6 millions q dans les régions humides, en 2002/2003. Ces résultats contrastent avec ceux obtenus par Papy [22] dans des conditions similaires des plaines marocaines. Cet auteur suggère que toute année dont la pluviométrie moyenne est inférieure ou égale à 300 mm, est systématiquement une année de faible production.

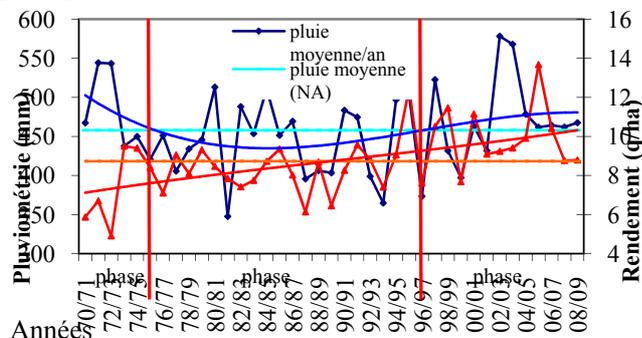


**Figure 8.** Evolution spatio-temporelle de la production de l'Est à l'Ouest, période (1970-2007).

## Pluviométrie et rendement céréalier

### Analyse temporelle

Le rendement moyen du NA est de 9 q/ha sur 39 ans (1970-2009). Dans le temps, la tendance de cette moyenne ne correspond pas exactement à celles des pluviométries et des productions (figure 9). En effet, la première phase à pluviométrie relativement stationnaire mais productive, enregistre un écart de rendement de -6% par rapport à la moyenne globale. Cet écart globalement, négatif (-4%) durant la deuxième phase, tend à cacher la hausse relativement négligeable (0,33%), produit durant les 1988-1997. Enfin, la hausse est proportionnellement importante durant les années de la troisième phase (+15%) en liaison avec l'évolution des pluies et des productions. A cette échelle de temps, la variabilité du rendement moyen semble plus faible (28%) en comparaison à celles des autres facteurs.



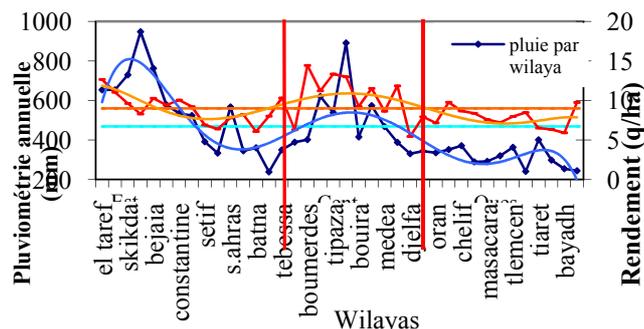
**Figure 9.** Evolution temporelle du rendement céréalier et de la pluviométrie au NA, (1970-2009).

### Analyse spatiale

Le rendement moyen spatial oscille entre un minimum de 5 et 6 q/ha dans des wilayas, comme Djelfa, Bordj Bou Arreriedj, Batna et Khenchella et un maximum de 13 et 14 q/ha dans des wilayas littorales et montagneuses. Dans les wilayas réputées céréalières, les rendements ne dépassent pas 7 q/ha, cas de Sétif, Tiaret et Sidi Bel Abbess. Ces fluctuations évoluent globalement dans le sens des pluviométries à l'opposer des productions (figure 10). La RE humide a enregistré paradoxalement une diminution de rendement de 12%. En revanche, dans la RC le rendement gagne 22% pour un accroissement pluviométrique de seulement 10%.

La RE et la RO sèches ayant des caractéristiques pluviométriques similaires, enregistrent contrairement aux productions un écart de rendement très proche l'un de l'autre (-16% et -13%).

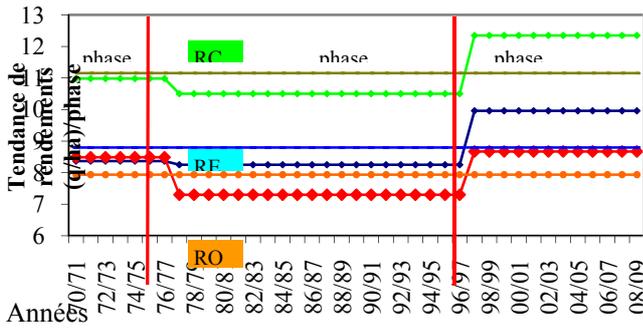
De manière générale, de l'Est à l'Ouest les rendements tendent à diminuer de 11% ; mais attestent encore une fois, d'une variabilité plus faible que celles de la pluviométrie et de la production. La variation spatiale de 46% du total, confirme une fois de plus, le caractère aléatoire et partiel de ces facteurs.



**Figure 10.** Tendence du rendement céréalier moyen et de la pluviométrie moyenne annuelle dans les régions céréalière, du Nord de l'Algérie (1970-2009).

### Analyse spatio-temporelle

Le rendement céréalier à l'échelle spatio-temporelle montre clairement les écarts positifs et négatifs réalisés par phase pluviométrique régionale (figure 11). Au cours de la phase 1 et 2, les écarts négatifs (-2% à -8%) de rendement résultent de la plupart des régions. Au cours de la phase 3, ces écarts régionaux tendent à la hausse, avec des pourcentages qui fluctuent entre 17 et 13% en relation avec les pluviométries et les productions



**Figure 11.** Evolution spatio-temporelle des rendements moyens à l'échelle régionale, période (1970-2009).

**Discussions : Pluviométrie - production - rendement**

La pluviométrie annuelle combinée à la production et au rendement moyen annuel du NA, fait ressortir des interactions en dépit de leurs variabilités à cette échelle, de temps et d'espace. Ainsi, la pluviométrie spatio-temporelle explique l'évolution de la production entre 6% et 33% ; elle explique le rendement à 8% et à 29%. Ces valeurs masquent les liaisons caractéristiques de chaque région.

Concernant la production, dans les RE et RC humides, ces valeurs ne dépassent pas 0,4% et 20%. Dans les RE (32%) et RO (40%) sèches, elles sont proches de la moyenne. Concernant le rendement, ces pourcentages restent très faibles (2%). Les valeurs statistiques consignées dans le tableau 2, reflètent en effet, des pentes de régressions faibles, elles interpréteraient une valorisation efficiente des pluies au cours du cycle de la culture.

L'efficience caractérise surtout les pluies les plus élevées, supposées répondre aux besoins en eau de la culture : c'est le cas des régions humides et moins productives. Cette efficience pourrait être attribuée aux sols défavorables, qui caractérisent la sole céréalière.

De nature en majorité bruns lessivés et bruns calcaires dans les régions humides ; et châtaîns et bruns isohumiques avec des accumulations calcaires en profondeur dans les régions sèches [17]; ces sols sont soumis souvent au régime violent des pluies, provoquant des altérations qui conduisent à leurs érosions [23]. Peu profonds et pauvres en matières organiques, ces sols se comportent comme des inhibiteurs de la production céréalière, au Nord du pays.

Régions	Relation productions pluies		Relation rendements pluies	
	Equations	R <sup>2</sup> %	Equations	R <sup>2</sup> %
Est Humide	$y = 294,4x + 4^E+06$	0,4	$y = 0,0028x + 8,1919$	2
Est Sec	$y = 40013x - 8^E+06$	32	$y = 0,0059x + 5,2879$	2
Centre Humide	$Y = 8693,2x - 483656$	20	$Y = 0,0044x + 8,885$	2
Ouest Sec	$y = 51365x - 6^E+06$	40	$y = 0,0187x + 1,9251$	26
Nord Algérie	$Y = 3E-06x + 391,21$	33	$y = 0,0098x + 4,5599$	8

**Tableau 2.** Equation des droites de régressions montrant les liaisons (coefficient de détermination : R2) obtenues entre les pluviométries et les productions régionales (Est humide, Est Sec, Centre et Ouest).

**CONCLUSION**

L'aire d'étude est caractérisée par une pluviométrie moyenne de 457 mm, elle évolue annuellement entre 300 et 600 mm. Elle produit en moyenne 25 millions de quintaux de céréales pluviales en régime extensif, avec un rendement moyen à raison de 9 q/ha. Malgré la variabilité temporelle et spatiale qui caractérise chacun des facteurs, la pluviométrie explique la production céréalière moyenne à 23% et celui du rendement moyen à 8%.

Ces pourcentages variables de la RE à la RO, sont subordonnés à la variabilité de l'utilisation efficiente de la pluviométrie, à l'échelle régionale. Les résultats relèvent qu'une pluviométrie sèche, équivalente à 300 mm ou humide, similaire à 500 mm, ne signifient pas automatiquement une année de faibles ou de fortes productions.

La valorisation des années pluvieuses ou sèches, relève une conduite des cultures différentes en matière d'intrants et une autre en gestion de l'aléa climatique. Cet aléa est en combinaison avec les variétés ensemencées et les autres facteurs techniques d'amélioration de la céréaliculture pluviale.

## REFERENCES

- [1]- BSA. Bulletin de statistique agricole- Inventaire statistiques des terres agricoles.. Ministère de l'Agriculture, Série B, 1970-2007 ; 21 p.
- [2]- CNUCED. Le blé. La culture. Information de marché dans le secteur des produits de base. 2005 ; 7 p. [www.Blé.doc\Blé rendement dans le monde.htm](http://www.Blé.doc\Blé rendement dans le monde.htm)
- [3]- FAOSTAT. Statistiques de production mondiale du blé, du seigle et du triticale. Version révisée, 2007 ; 18 p. [www.mapageweb.umontreal.ca/bruneaua/simon/chapitre05\\_ble.pdf](http://www.mapageweb.umontreal.ca/bruneaua/simon/chapitre05_ble.pdf)
- [4]- Bouaziz A. Perspective Agronomique de la Céréaliculture au Maroc. 2007; 12 p. [www.ressources.ciheam.org/om/pdf/s11/CI920088.pdf](http://www.ressources.ciheam.org/om/pdf/s11/CI920088.pdf).
- [5]- APIA. Réussir une campagne de blé en Tunisie. L'Investisseur Agricole n°69 ; 2007 ; 6 p. [www.investir-en-tunisie.net/news/article.php](http://www.investir-en-tunisie.net/news/article.php)
- [6]- CNIS. Agriculture algérienne. Les statistiques. 2008 et 2009. <http://www.douanes.cnis.dz>
- [7]- Ziad A. Algérie : Importation des céréales. 2007 ; 4 p. [www.faited'allafrica.com](http://www.faited'allafrica.com)
- [8]- FAO. Récolte céréalière mondiale. 2007 ; 2 p. [www.fao.org/newsroom/fr/news/2007/1000533/index.html](http://www.fao.org/newsroom/fr/news/2007/1000533/index.html)
- [9]- AFP. Algérie - La France continuera à exporter son blé. Déclaration C.N.I.L. n°645 103, 2007 ; 4 p. [www.terre-net.fr](http://www.terre-net.fr), un titre Terre-net Média
- [10]- Thevenet A. La météorologie générale et la climatologie algérienne. Bull. Soc. Geo. Alger, 1900 ; 421 p.
- [11]- Seltzer P. Le climat de l'Algérie. Bull. Soc. Géog. Alger, 1949 ; 219 p.
- [12]- Chaumont M. et Paquin C. Notice explicative de la carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500000. S.H.N.A.N., Edit., Bounaga, 1971 ; 24 p.
- [13]- ANRH. Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord à l'échelle du 1/500 000. Notice explicative Minist. Equi. Projet PNUD/Alg/88/021, 1992 ; 49 p.
- [14]- Pionnier H. La culture du blé sur les hauts plateaux algériens. Ses conditions climatologiques, agronomiques et écologiques. Thèse Ing-Doct., Uni., Alger, 1937 ; 184 p.
- [15]- Baldy Ch. Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques. Leur influence sur la production des principales zones céréalières d'Algérie. Rapport, ITGC, 1974 ; 72 p.
- [16]- Djenane A.M. Quelques résultants du programme de vulgarisation de l'intensification céréalière dans la région des hautes plaines sétifiène. Ciheam Option Méditerranéenne, 2002 ; 14 p. [www.ressources.ciheam.org/om/pdf/c02-1/93400078.pdf](http://www.ressources.ciheam.org/om/pdf/c02-1/93400078.pdf)
- [17]- FAO. Utilisation des engrais par culture. 2005 ; 56 p. [www.fao.org/agl/agll/docs/fertusealgerie.pdf](http://www.fao.org/agl/agll/docs/fertusealgerie.pdf)
- [18]- Thom H.C.S. Quelques méthodes de l'analyse climatologique. *OMM*, n°199, *Note Tech.*, n°81, 1972 ; 59 p.
- [19]- Camberlin P. et Philippon N. The East African March-May rainy season, its teleconnections and predictability over the 1968-1997 period. *Journal of Climate*. 2001.
- [20]- Grouzis M. et Albergel J. Environnement et productions agricoles ; cas du Burkina Faso. IFRSDC, *ORSTOM*, BP. 1386 Dakar Sénégal, 1998 ; 13 p.
- [21]- Latiri K. Conditions climatiques, production et fertilisation. 2006 ; 3 p. [www.ressources.ciheam.org/om/pdf/a40/00600100.pdf](http://www.ressources.ciheam.org/om/pdf/a40/00600100.pdf)
- [22]- Papy F. Analyse du comportement des cultures de blé dur et de l'orge dans différentes régions céréalières du Maroc à travers leur réaction aux variations interannuelles des régimes pluviométriques. *Comptendu, Acad., Agri, France*, n° 3, 1979 : 231-247.
- [23]- Demmak A. Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie Septentrionale. Thèse de docteur ingénieur. Uni. *Pierre et Marie Curie, Paris*, 1982 ; 120 p.