



# **La conception d'un modèle de gestion du risque sécheresse, cas des céréales**

## **AU MAROC**

**L'assurance indexée**

**Le Standardized Precipitation Index (SPI) comme méthode de base  
pour l'élaboration de l'assurance indexée**



*Version non-éditée*

## AVANT-PROPOS

Ce guide a été préparé par la Conférence des Nations Unies pour le Commerce et le Développement (CNUCED) dans le cadre d'un projet d'assistance technique au Maroc mis en œuvre par le Programme Assurance et en coopération avec le Centre Africain des Risques Catastrophiques (CARC).

La CNUCED a pour objectif, entre autres, de contribuer à améliorer la croissance et le développement du secteur des services assurantiels des pays en voie de développement et tout particulièrement des pays Africains. Elle vise à créer un environnement économique favorable notamment en promouvant le secteur de l'assurance pour son action sur la répartition des risques et sur la couverture des risques catastrophiques.

Le CARC a pour mission de développer l'assurance, la réassurance et la prévention des risques catastrophiques en Afrique. Pour réaliser cette mission, le Centre assiste les Pouvoirs publics et l'industrie africaine de l'assurance et de réassurance à développer des programmes de couvertures assurantielles des risques catastrophiques, sensibilise le public africain sur la nécessité des couvertures d'assurance des risques catastrophiques pour le développement durable de leurs sociétés et tente de minimiser les dommages causés par les catastrophes en encourageant la recherche et la promotion des méthodes de réduction et de prévention des risques catastrophiques.

En 2008, le soutien financier du Gouvernement Espagnol au Programme Assurance de la CNUCED a permis la mise en œuvre d'un projet d'assistance technique visant le renforcement des capacités et l'amélioration de l'accès des PME marocaines à l'assurance et au financement en vue de développer leur compétitivité et renforcer leur développement.

L'avant-projet de ce guide a été principalement réalisé par une équipe mixte de scientifiques et d'assureurs coordonnée par M.Chiguer et incluant L.Firdwcy, A.Ousmouh, H.Boukili, en coopération avec l'équipe du Programme Assurance, dirigée par M.Dezider Stefunko, comprenant (par ordre alphabétique), G.Chapelier, A.Chatillon, N.Easton, M.Stanovic, et sous l'orientation générale de T.Krylova.

Ce projet a été valorisé par les commentaires avisés et remarques pertinentes de E. NAJEM, Directeur du CARC.

Le support administratif a été assuré par N.Eulaerts.

Le texte de cette publication peut être cité ou réimprimé sans autorisation, sous réserve qu'il soit fait mention de la source.

Nous souhaitons particulièrement remercier l'Espagne pour le soutien financier apporté.

## Synthèse de l'étude

### **Pourquoi une assurance agricole indexée ?**

L'ampleur prise par le changement climatique nécessite plus que jamais des réponses adéquates pour circonscrire les effets de ce phénomène générateur de catastrophes naturelles dont le coût socio-économique est de plus en plus lourd.

Ce phénomène, associé à une tendance à la hausse des prix internationaux des produits alimentaires, hypothèque particulièrement le développement du continent Africain. En effet, une partie, de plus en plus importante, des moyens financiers dont disposent ces Etats sont alloués pour notamment faire face aux conséquences des sécheresses: approvisionner le marché local en produits alimentaires importés, secourir les populations frappées de la famine, aider les zones sinistrées, faire face aux conséquences de l'exode rural.

L'Etat n'est plus en mesure de faire face à lui seul au fléau de la sécheresse devenue structurelle. Le temps où ce phénomène n'était pas aussi contraignant et ne pesait pas aussi lourdement sur les finances publiques est révolu. Aujourd'hui la gestion des risques de ce type n'est plus un luxe mais une nécessité. Il est temps d'agir rapidement pour impliquer l'ensemble des acteurs, directement ou indirectement concernés, pour gérer le risque sécheresse.

L'assurance est de nature à couvrir la sécheresse à l'instar de tout autre risque assuré par les compagnies des assurances. Ces organismes, de par leur rôle dans la mutualisation du risque et dans la collecte et la redistribution des primes, peuvent apporter leur contribution pour atténuer les effets de la sécheresse pour les agriculteurs et alléger le fardeau financier supporté par l'Etat et dont l'efficacité est sujette à caution. Ne serait-ce que pour cette raison, la mise en œuvre d'une assurance agricole indexée s'impose.

En quoi consiste l'assurance indexée ? Quels sont les avantages de ce type d'assurance ? Quelles sont les conditions pour sa mise en œuvre ?

Pour répondre à ces questions, la Conférence des Nations Unies pour le Commerce et le Développement (CNCUED) a préparé une étude, en collaboration avec une équipe d'experts marocains apparentée au Centre Africain des Risques Catastrophiques (CARC), visant à démontrer la pertinence d'une assurance indexée, basée sur l'indice *Standard Precipitation Index* (SPI), et l'intérêt de sa mise œuvre, tant pour les agriculteurs que pour l'Etat et les compagnies d'assurances et de réassurance.

L'étude a retenu comme culture les céréales dont l'impact sur la croissance économique au Maroc n'est pas à démontrer et a délimité le périmètre à étudier, sur la base de la disponibilité des données, à quatre régions de bours<sup>1</sup> favorables et intermédiaires.

## **En quoi consiste l'assurance indexée ?**

L'indexation consiste à faire dépendre l'assurance d'un événement totalement indépendant de l'assuré, mais directement lié à ses pertes éventuelles. Ainsi, l'assurance paramétrée lie la couverture proposée à un indice comme celui de la pluviométrie, pour lequel elle définit un seuil et une valeur limite.

L'assuré est indemnisé proportionnellement à la couverture qu'il a souscrite et dans les limites définies préalablement. Le versement des indemnités est accéléré et simplifié contrairement au système de garantie existant.

L'Indice SPI, développé par Tom Mckee et al. (1993), constitue, grâce à sa meilleure corrélation entre sécheresse et rendements agricoles, la solution la plus adaptée pour aborder la caractérisation de la sécheresse au Maroc et pour disposer des informations nécessaires à la mise en place d'un produit assurantiel. Son application dans de nombreux pays, parmi lesquels des pionniers dans le développement de systèmes de suivi de la sécheresse en temps réel (USA, Canada...), a donné des résultats très satisfaisants.

L'assurance indexée offre une garantie sur les productions céréalières en zones de bours favorables et intermédiaires contre les risques de sécheresse, et ce lorsque le SPI, calculé pour chaque zone de référence, se trouve en dessous des seuils de SPI garantis. Le calcul du SPI consiste en un ajustement de données historiques de précipitations selon la fonction de distribution Gamma transformée ensuite en une distribution normale standard. La valeur résultante de cette transformation étant le SPI. Une classification du SPI adaptée au cas marocain a été élaborée dans le cadre de cette étude, à la lumière des travaux de chercheurs marocains.

Cette étude a permis de démontrer, particulièrement dans le contexte du Plan Maroc Vert, que cette assurance pouvait se déployer progressivement au Maroc, dans la mesure où les projets d'agrégation préconisés impliquent, dans la filière céréales des quatre régions concernées par l'étude, un grand nombre d'agriculteurs de différentes catégories utilisant les techniques modernes et traditionnelles.

## **Les avantages de l'assurance indexée**

L'assurance indexée est plus qu'une couverture du risque sécheresse. C'est un créneau porteur pour les compagnies d'assurances qui intéressera aussi bien les réassureurs que les marchés financiers internationaux. C'est aussi un outil efficace pour sécuriser le revenu de

---

<sup>1</sup> Ensemble de terroirs cultivés en sec et dépendant des précipitations pluviales. On peut distinguer 3 domaines : un bour favorable, assez arrosé, un bour défavorable, aride, et un bour intermédiaire

l'agriculteur et l'inciter à s'occuper davantage de son exploitation et un moyen d'une utilité avérée, que l'Etat peut mettre à contribution, pour promouvoir le développement rural.

La conception d'une telle assurance, fondée sur l'indice SPI, répond mieux aux attentes des céréaliers et crée les conditions pour une meilleure maîtrise du risque sécheresse. Elle peut être, bien entendu, élargie à d'autres productions agricoles (arboriculture et élevage, etc.) D'ailleurs, des expériences, de par le monde, montrent que l'assurance indexée est une formule adaptée pouvant couvrir l'ensemble des activités agricoles.

L'assurance indexée apporte des réponses adéquates aux problèmes que soulève le système actuellement en vigueur au Maroc. Ce dernier, qui n'est en fait pas une assurance mais une garantie, couvre les charges directes engagées par l'agriculteur et non la production escomptée ou le revenu d'exploitation. Ce système reste problématique dans la mesure où il doit faire face à un ensemble d'inconvénients majeurs liés à l'évaluation des pertes et à la vérification des dommages subis.

L'indexation reste de ce fait, le moyen le mieux indiqué pour pallier le risque moral (une fois couvert, l'assuré ne s'occupe plus aussi bien de ses cultures), l'anti-sélection (seules les personnes qui croient qu'ils vont sans doute subir une perte souscrivent une assurance) et la fraude.

La mise en place de l'assurance indexée pour la filière « céréales » s'insère parfaitement dans la stratégie du Ministère de l'Agriculture (Plan Maroc vert). Elle peut se révéler d'une importance capitale pour motiver les agriculteurs à investir, encourager les banques à promouvoir le financement agricole, alléger les dépenses budgétaires destinées à lutter contre la sécheresse récurrente et atténuer le flux de l'exode rural.

L'assurance indexée va permettre d'assurer la stabilité du revenu de l'agriculteur, l'inciter à réajuster sa démarche et à user de tous les moyens à sa disposition pour circonscrire les effets de la sécheresse. Bref, ce produit d'assurance novateur pourra couvrir d'une manière pérenne, équitable et globale les implications de la sécheresse.

Le tableau ci-après résume les avantages et les potentiels freins d'une assurance indexée au Maroc pour chaque catégorie d'acteurs:

	<i>Avantages</i>	<i>Potentiels freins</i>
<b>Pour les agriculteurs</b>	Securisation du revenu	Ne couvre que les zones de bours favorables et intermédiaires excluant les agriculteurs relevant de bours défavorables
	Procédure de déclaration du sinistre simple	
	Indemnisation rapide car pas d'expertise individuelle des sinistres	
	Gestion simplifiée et économe	

	<i>Avantages</i>	<i>Potentiels freins</i>
<b>Pour les banques</b>	Créneau porteur	Faiblesse du tissu bancaire dans la campagne
	Drainage d'une nouvelle épargne et/ou octroi de nouveaux crédits.	
	Amélioration du taux de bancarisation	
	Développement de la bancassurance	

	<i>Avantages</i>	<i>Potentiels freins</i>
<b>Pour les assurances</b>	Créneau porteur	L'activité du secteur des assurances est fortement concentrée sur l'assurance voiture. Les compagnies d'assurance risquent donc de ne pas être intéressées ou bien équipées pour commercialiser le produit
	Demande potentielle importante	
	Procédure simple	
	Diversification du portefeuille et amélioration du chiffre d'affaires	

	<i>Avantages</i>	<i>Potentiels freins</i>
<b>Pour l'Etat</b>	Diffusion de la culture du risque	
	Securisation du revenu des agriculteurs	
	Sécurisation d'un niveau de production céréalière	
	Allègement budgétaire et réallocation des ressources vers d'autres secteurs	
	Implication du système financier qui va contribuer à la modernisation de l'Agriculture	

## Les conditions pour la mise en œuvre de l'assurance indexée

Des conditions préalables sont nécessaires à la mise en œuvre de l'assurance indexée au Maroc. De ces conditions, il y a lieu de retenir une volonté affichée des pouvoirs publics en faveur de ce produit, une sensibilisation soutenue pour faire adhérer les agriculteurs et leurs organisations professionnelles et une implication sans équivoque des compagnies d'assurances et de réassurance. La réalisation d'une étude de faisabilité constituait une première étape obligatoire et nécessaire. Après avoir validé le modèle théorique et évalué la viabilité financière d'un produit d'assurance sécheresse indexée au Maroc pour les zones étudiées, il en ressort que sa mise en œuvre devra passer par:

1- Les étapes à respecter dans le cadre d'un programme pilote (limiter dans un premier temps l'expérimentation à une culture et à quelques régions avant sa généralisation). Ces étapes sont les suivantes :

- Identifier une culture (céréales) et choisir les régions à couvrir contre le risque de la sécheresse (4 au moins dans le cas marocain) ;
- concevoir un dispositif organisationnel en identifiant les attributions de chacune des parties prenantes ;
- suivre et évaluer le programme sur le plan technique, organisationnel et financier en vue de procéder éventuellement aux réajustements nécessaires.

2- L'organisation suivante du programme :

- Phase de préparation : partenariat entre services techniques (Direction des Assurances, Ministère de l'Agriculture, ...) et de recherche (institutions scientifiques locales).
- Mise en œuvre : renforcer et formaliser la collaboration par la mise en place d'un : i) Comité de pilotage regroupant la Direction des Assurances, la Fédération des Assurances, le Crédit Agricole du Maroc, la MAMDA, ...); ii) Comité d'appui technique.

# Table des matières

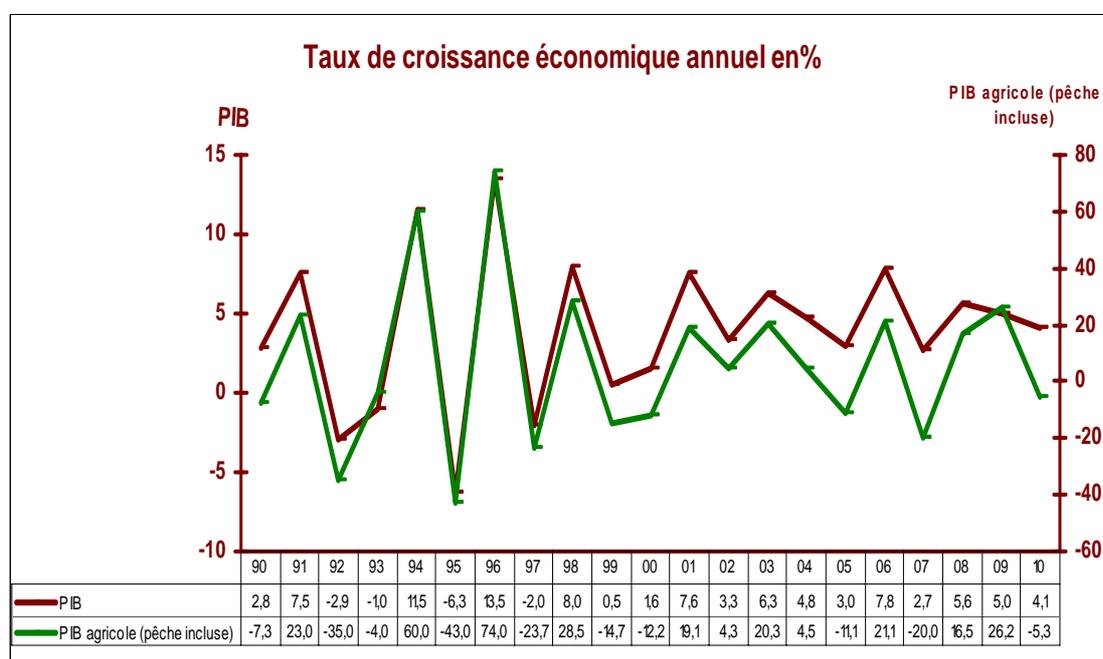
<b>Introduction générale</b> .....	<b>11</b>
<b>Chapitre1 : Consistance et éléments de base de l'assurance sécheresse indexée pour céréales</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1 Le pourquoi de l'assurance sécheresse indexée</b> .....	<b>17</b>
1.1.1 Les insuffisances de l'assurance relative au « programme sécheresse » .....	18
1-1-2 L'intérêt pour le Maroc pour l'assurance indicielle .....	22
<b>1.2 Consistance et éléments de base de l'assurance indexée</b> .....	<b>23</b>
1.2.1 Consistance de l'assurance indexée .....	23
1.2.2 Description de quelques éléments de base .....	24
1.2.2.1 Typologie de la sécheresse .....	25
1.2.2.2 Profil de risque de sécheresse dans chaque zone .....	26
1.2.2.3 Caractérisation de la sécheresse .....	27
1.2.2.4 Autres éléments de base .....	28
1.2.2.4.1 Objet de l'assurance .....	28
1.2.2.4.2 Garanties .....	28
1.2.2.4.3 Domaine d'application .....	28
1.2.2.4.4 Productions assurables .....	29
1.2.2.4.5 Prix unitaires .....	30
1.2.2.4.6 Valeur de la Production et capital assuré .....	30
1.2.2.4.7 Obligations de l'assuré .....	30
1.2.2.4.8 Conditions techniques minimales de culture .....	31
1.2.2.4.9 Déclaration de sinistre .....	31
1.2.2.4.10 Calcul du montant de l'indemnisation .....	31
1.2.2.4.11 Autres définitions .....	32
<b>Chapitre 2 : Présentation de la méthode adoptée et application informatique</b> .....	<b>34</b>
<b>2-1 Présentation de la méthode basée sur le SPI</b> .....	<b>35</b>
2-1-1 Calcul des valeurs du SPI .....	35
2.1.2 Calcul du SPI actuel et détermination des périodes de sécheresse .....	38
2.1.2.1 Calcul du SPI actuel pour la période vulnérable .....	38
2.1.2.2 Apparition d'une sécheresse à partir du SPI actuel .....	39
2.1.3 Application de la méthode basée sur SPI/Assurance Indexée .....	39
2.1.3.1 Méthodologie suivie pour la détermination du profil de risque .....	39
2.1.3.2 Calcul du SPI .....	39

2.1.3.3 Classification du SPI et occurrence de la sécheresse .....	40
2.1.3.4 Corrélation entre SPI et rendement .....	40
2.1.3.5 Probabilité d'occurrence de la sécheresse et profil de risque .....	41
2.1.3.6 Définition de l'équation de régression SPI/Rendements.....	41
<b>2.2 Application informatique .....</b>	<b>41</b>
2.2.1 Données pluviométriques.....	41
2.2.2 Calcul du SPI.....	45
2.2.3 Les résultats .....	47
<b>Chapitre 3 : Application de la méthodologie d'étude aux régions choisies et évaluation économique .....</b>	<b>49</b>
3.1 Restitution des résultats.....	50
3.1.1 Restitution des données de Pluviométrie .....	50
3.1.2 Calcul du SPI .....	50
3.1.3 Corrélation entre SPI et rendement.....	59
3.1.4 Les périodes vulnérables .....	66
3.2 Probabilité d'occurrence de la sécheresse et Profil de risque .....	66
3.3 Équation de Régression.....	75
3.3.1 Détermination de l'équation de régression.....	75
3.3.2 Évaluation de la justesse de l'ajustement .....	77
3.3.3 Représentation graphique des tendances.....	77
<b>3.4 Estimation des primes et des indemnités agricoles pour les quatre régions étudiées .....</b>	<b>78</b>
3.4.1 Valeur de la production.....	79
3.4.2 Valeur de l'indemnisation .....	79
3.4.3 Établissement de la prime de base.....	80
3.4.4 Estimation de la subvention .....	80
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>82</b>
Présentation des plus importantes expériences dans le domaine de l'assurance indexée de type climatique (weather derivatives) .....	86
1- L'Amérique du Nord .....	86
2- L'Amérique latine .....	89
4- L'Asie .....	93
5- L'Afrique.....	96
<b>Bibliographie .....</b>	<b>101</b>

## Introduction générale

En dépit des efforts de diversification entrepris depuis l'indépendance, l'agriculture continue à occuper une place de choix dans l'économie marocaine. Il s'agit d'une des principales sources de la croissance de cette économie. Certes, sa part dans la structure du PIB a relativement baissé en passant de 17,1% en 1990-1998 à 14, 5% en 1998-2008, mais son impact est d'autant plus important qu'il ne cesse de déterminer le profil de cette croissance. En effet, cette dernière subit l'évolution de la production agricole dont le niveau est largement tributaire de la pluviométrie. De ce fait, la croissance marocaine se distingue par sa fragilité et sa volatilité.

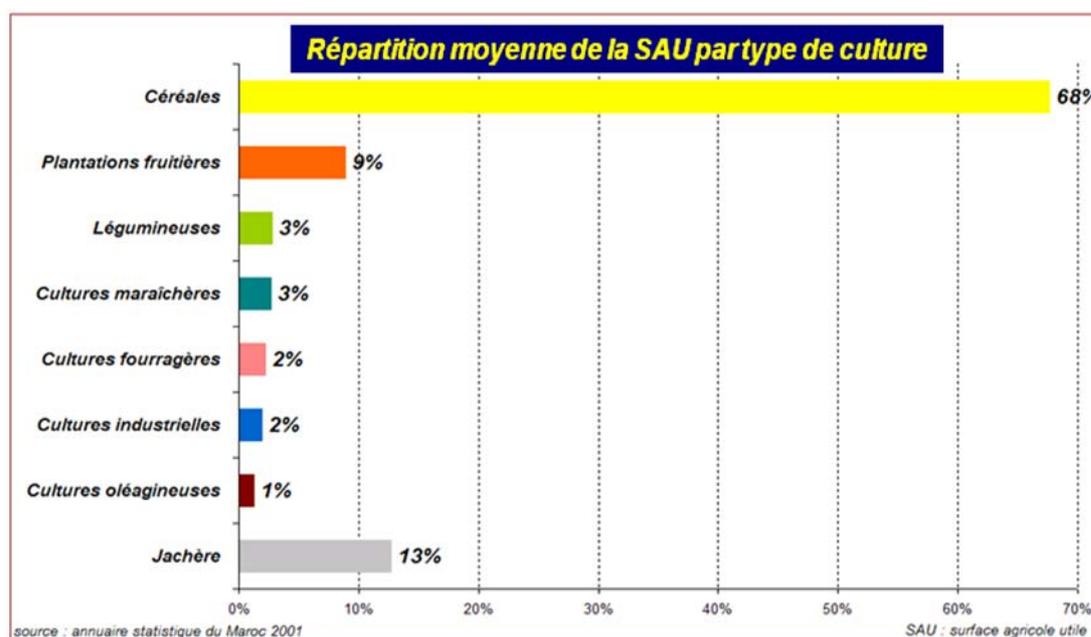
Figure n°1 : Évolution du taux de croissance économique



Source : Haut commissariat au plan

C'est la céréaliculture, qu'il est question d'assurer, qui constitue l'ossature principale de l'agriculture marocaine. Elle concerne la quasi-totalité des exploitations agricoles et participe, à elle seule, à hauteur du 1/3 dans la valeur ajoutée (VA) agricole. En plus, elle représente 45% des importations alimentaires et offre près de 60 millions de journées de travail, soit 35% de l'emploi généré par la production végétale.

**Figure n° 2 : Répartition moyenne de la Superficie Agricole Utile (SAU) par type de Culture.**



Par ailleurs, la surface occupée par les céréales (blé tendre, blé dur et orge) correspond à 70% de la SAU globale, soit 5,1 millions d'Ha dont 90% sont situés en zones Bour. De ce fait, l'activité céréalière dépend largement des conditions climatiques qui déterminent aussi bien les superficies cultivées, les rendements que les techniques culturales adoptées.

D'ailleurs, il a été démontré qu'un niveau de production nationale de céréales de 50 à 60 millions de quintaux est de nature à stabiliser la croissance économique aux alentours de 2 à 3% (Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et Des Pêches Maritimes- 1999). Or, ce niveau est celui d'une campagne normale qui tend à devenir l'exception. C'est ainsi que sur les vingt dernières années du XXème siècle, 9 ont été marquées par des sécheresses d'intensité différente.

**Tableau n° 1 : Précipitations et production céréalière**

Année	Déficit Précipitations/normale(%)	Production céréalière (1000 Qx)
1980-81	18	20 000
1982-83	29	34 000
1983-84	00	36 000
1986-87	29	42 000
1991-92	23	28 000
1992-93	35	27 000
1994-95	46	18 000
1996-97	00	40 000
1998-99	38	36 000

Source : Ministère de l'Agriculture

L'appréhension de la notion de sécheresse agricole, qui correspond à des conditions hydriques défavorables à la production des céréales notamment, est problématique.

*Qu'est-ce qu'on entend par sécheresse? Ce phénomène se distingue « des autres dangers naturels par l'absence d'une définition précise et incontestée. »*

*La sécheresse, qui est un phénomène d'envergure régionale, n'est pas perçue de la même manière par tous ceux qui scrutent le ciel au début de chaque campagne agricole. Le responsable d'un barrage ne la conçoit pas de la même manière qu'un paysan. De même, un biologiste ne lui donne pas forcément la même signification qu'un éleveur ou un homme politique.*

*Cela dit, la définition retenue pour les besoins de l'analyse, est celle de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Pour cette instance, « la sécheresse est un phénomène naturel dangereux de caractère insidieux qui résulte d'une insuffisance des précipitations par rapport aux valeurs prévues ou normales; lorsqu'elle persiste durant une saison entière ou plus, cette insuffisance empêche de répondre comme il convient aux besoins des sociétés humaines et de l'environnement. La sécheresse est donc, une anomalie temporaire, à la différence de l'aridité qui est une caractéristique permanente du climat. Il faut aussi distinguer l'aridité saisonnière (c'est-à-dire une saison sèche bien définie) de la sécheresse. » (OMM- 2006).*

*La sécheresse, dont l'impact sur le PIB se traduit par un manque à gagner en termes de richesse nationale et une forte réduction des revenus agricoles, a des effets négatifs socio-économiques importants. De ces effets, on peut citer à titre d'illustration : i) l'aggravation du chômage, l'élargissement de la précarité et de la pauvreté dans les zones rurales; ii) l'intensification de l'exode rural et de l'immigration; iii) la ruralisation des villes; iv) la réallocation des ressources publiques (fonds de lutte contre la sécheresse, l'effacement des dettes des paysans les plus démunis, le renoncement aux intérêts...etc.). Bref, le coût de la sécheresse englobe le financier (budget), l'économique (croissance- aménagement du territoire), le social (pauvreté) et le culturel (exode, déracinement).*

*Les implications de ce phénomène s'inscrivent dans la durée alors que les efforts des Pouvoirs publics ou des donateurs sont le plus souvent ponctuels et cherchent, pour l'essentiel, à circonscrire ses effets immédiats. Certes, l'État agit aussi dans la durée, mais son action reste limitée compte tenu des besoins qui sont énormes et du peu de moyens dont il dispose. Sans l'engagement du paysan à se prendre en charge et à s'affranchir du fatalisme en intériorisant la culture du risque et en prenant conscience de l'intérêt que représente la mutualisation des coûts de la sécheresse à travers une assurance indexée, il serait difficile de « neutraliser » la sécheresse pour l'intégrer dans la logique managériale paysanne en tant qu'éventualité et la traiter, en conséquence, pour circonscrire ses effets à la seule sphère de production et assurer, ainsi, au paysan son statut social et les conditions qui sont de nature à pérenniser son activité. D'ailleurs, l'intériorisation de la culture du risque, pour mieux gérer la sécheresse, est une condition sine qua non pour renforcer la capacité d'adaptation du producteur et augmenter, en ricochet, la résilience en vue de réduire l'intervention de l'État et libérer ainsi les fonds de nature publique mobilisés pour couvrir d'autres besoins.*

*Dans ce cadre, l'intervention de l'État et les actions, en général, dédiées au développement de la campagne gagneraient à être soutenues en couvrant le risque sécheresse. A ce titre, l'assurance agricole constitue le moyen le mieux indiqué pour soutenir les revenus en conditions climatiques adverses et pour garantir la solvabilité des exploitations à condition qu'elle soit incitative pour que le paysan accepte de se constituer en assuré et suffisamment attrayante pour que l'assureur trouve intérêt. L'offre actuelle (l'assurance mise en place par les Pouvoirs publics) ne semble pas remplir ces conditions. Par conséquent, l'élaboration*

*d'une nouvelle formule paraît opportune. Un tel travail suppose une meilleure connaissance de la réalité paysanne et une expertise avérée dans le domaine pour capitaliser l'expérience marocaine et tirer profit des expériences étrangères.*

*A ce titre, la présente étude, dont le périmètre est limité à quatre régions à savoir Meknes, Settat, El jadida et Khouribga, s'inspire des travaux du Climate Colorado Center pour proposer un nouveau mécanisme plus efficace, en l'occurrence l'assurance indexée, dédié à la couverture du risque sécheresse pour les céréales. La conception d'un tel mécanisme, fondé sur le SPI, est de nature à répondre aux attentes des agriculteurs et à créer les conditions pour une meilleure maîtrise du risque sécheresse. Il peut être, bien entendu, élargi à d'autres cultures (le maïs) et à d'autres productions agricoles (arboriculture et élevage). Des expériences, dont les plus importantes sont présentées ci-après, montrent que l'assurance indexée est une formule adaptée pouvant couvrir l'ensemble des activités agricoles.*

*La pertinence de l'assurance indexée se vérifie à l'aune des problèmes que rencontre l'assurance « classique » actuellement en vigueur au Maroc. Sa gestion, comme le montre l'expérience marocaine actuelle, est une gestion aléatoire dans la mesure où elle doit faire face à un ensemble d'accrocs notamment Le risque moral (il n'est pas exclu qu'une fois couvert, l'assuré ne s'occupe plus aussi bien de ses cultures) et la fraude. Certes, on peut recourir à l'expertise pour évaluer les pertes et vérifier, en conséquence, les dommages subis, mais ce recours est, en somme, coûteux. C'est du moins l'un des enseignements à retenir du programme d'assurance sécheresse en cours.*

*L'indexation est le moyen le mieux indiqué pour aplanir ces difficultés et surmonter ces obstacles. Elle consiste à faire dépendre l'assurance d'un événement totalement indépendant de l'assuré, mais directement lié à ses pertes éventuelles. Ainsi, l'assurance indexée lie la couverture proposée à un indice comme celui de la pluviométrie, pour lequel elle définit un seuil et une valeur limite. Par exemple, dans une région régulièrement touchée par la sécheresse, comme le Maroc, le seuil serait fixé à un certain niveau et pour chaque millimètre de pluie en dessous de ce niveau, l'assuré serait indemnisé proportionnellement à la couverture qu'il aurait souscrite et dans les limites définies. L'indemnisation ne serait pas liée à la perte réellement subie, mais plutôt à la couverture souscrite et au niveau de l'indice choisi. Il est clair qu'un régime basé sur des indices météorologiques est non seulement réalisable au Maroc mais, il présente, en plus, des avantages substantiels par rapport au système actuel.*

*Cela dit, le SPI développé par le Climate Colorado Center, constitue, pour le moment, la meilleure alternative pour aborder la caractérisation de la sécheresse au Maroc et disposer d'une assurance adéquate.*

*Le choix de cet indice découle de l'analyse des indices habituellement utilisés pour estimer le risque de la sécheresse météorologique et de son expérimentation qui s'est révélée concluante. Son application dans de nombreux pays, parmi lesquels des pionniers dans le développement de systèmes de suivi de la sécheresse en temps réel, a donné de bons résultats. Aussi, pour comparer de façon homogène les profils de risque des différentes régions climatiques du territoire céréalier et pour une gestion du risque sécheresse au Maroc mieux adaptée et plus efficace, propose-t-on l'élaboration d'un produit d'assurance indexée.*

*Dans ce cadre, la présente étude a un double objectif : i) mettre en exergue l'intérêt que représente l'assurance indexée pour maîtriser le risque sécheresse et ii) démontrer qu'actuellement l'utilisation du SPI développé par McKee et al. (1993 et 1995) de l'Université de Colorado, est de nature à répondre aux attentes des agriculteurs marocains notamment, à*

*impliquer les compagnies d'assurances dans la lutte contre la sécheresse et à alléger le fardeau que supporte le budget de l'État pour atténuer les effets de ce phénomène.*

*Ainsi, pour explorer la piste du SPI, la présente étude s'articule au tour de trois axes à savoir:*

- 1- Présentation de la consistance et des éléments de base du produit d'assurance sécheresse indexée pour céréales;*
- 2- Présentation de la méthode adoptée et application informatique;*
- 3- Application de la méthodologie d'étude aux régions choisies et évaluation économique.*

***Chapitre1 : Consistance et éléments de base de l'assurance  
sécheresse indexée pour céréales***

## **Introduction**

*Cet axe est consacré à la description des éléments de base pour la mise en place de l'assurance sécheresse indexée pour céréales. L'objectif est double. D'une part, mettre en exergue le pourquoi de ce produit qui fait usage du SPI et d'autre part, unifier le langage entre les parties contractantes pour rendre la communication plus facile et dissiper, en conséquence, tout malentendu éventuel découlant d'un différend de définition des principaux éléments de base de l'assurance. Les régions concernées, en l'occurrence Settat, Meknès, Khouribga et El Jadida, le sont principalement en raison de la disponibilité de l'information. Quant aux cultures retenues, à savoir le blé dur, le blé tendre et l'orge, elles font l'unanimité car, elles constituent, comme il a été précisé au niveau de l'introduction, l'ossature même de l'agriculture au Maroc.*

### **1.1 Le pourquoi de l'assurance sécheresse indexée**

*Face aux risques climatiques, deux types de stratégies sont généralement mises en œuvre : La première stratégie consiste à agir en prévention à l'aléa climatique, grâce à différentes techniques agricoles qui permettent d'être moins dépendant des conditions climatiques : irrigation et drainage, utilisation de variétés adaptées à l'environnement local, lutte contre l'érosion des terres, etc...*

*La deuxième stratégie consiste à maîtriser le risque lié à un aléa climatique. L'objectif est de compenser/indemniser à posteriori la perte de revenu liée à la diminution de la production (en quantité ou qualité) du fait de ce phénomène naturel. A cet effet, on peut recourir soit à une intervention publique pour atténuer les effets de cet aléa à travers la procédure de compensation soit à un mécanisme d'indemnisation privé à l'instar de l'assurance agricole indicielle que l'on appelle couramment l'assurance climatique.*

*Cette assurance a été développée en raison des limites de l'assurance classique (impossibilité de rembourser tous les acteurs dans le cas d'une sécheresse touchant un grand nombre d'acteurs, difficulté à évaluer tous les dommages etc....)*

*Le déclenchement du remboursement de l'assuré est fonction d'un indicateur objectif, fortement corrélé au rendement (le niveau des précipitations par exemple). Il n'est plus alors nécessaire de faire des évaluations de dommages. De surcroît, les assureurs peuvent transférer leur risque à des réassureurs ou sur les marchés financiers pour se mettre à l'abri de la faillite et honorer, en conséquence, leurs engagements vis-à-vis de leur clientèle nonobstant le nombre d'assurés à indemniser.*

*L'assurance indicielle présente de nombreux avantages dont le plus important est la stabilisation du revenu qui devient moins dépendant des conditions climatiques. Sachant que les aléas climatiques sont régulièrement cités comme un risque majeur pesant sur l'exploitation familiale, limiter ce risque est, en lui-même, un enjeu fort pour les familles.*

*Par ailleurs, cette assurance améliore l'accès aux financements puisqu'elle peut sécuriser les crédits de campagnes ou l'achat d'intrants. Cela dit, le recourt à l'assurance (payer une prime pour se prémunir d'un événement futur improbable) n'est pas évident pour de nombreux agriculteurs. Il dépend de la diffusion de la culture du risque, nécessite de la sensibilisation et des efforts de vulgarisation et exigerait aussi l'intervention des Pouvoirs publics pour rendre cette assurance plus attrayante.*

Plusieurs initiatives ont été lancées ces dernières années dans les pays en développement pour mettre en place des instruments privés de gestion des risques, notamment l'assurance indicielle. Ces expériences proposent des assurances indexées sur les niveaux de pluviométrie et concernent notamment la production des céréales. Cette étude s'inscrit, d'ailleurs, dans le prolongement de ces initiatives puisqu'elle se sert du SPI pour l'élaboration de l'assurance indexée destinée aux céréales dans quatre régions du Maroc.

### **1.1.1 Les insuffisances de l'assurance relative au « programme sécheresse »**

Le Maroc, par le biais du Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes, s'est doté depuis 1994, d'une assurance sécheresse dédiée aux trois cultures à savoir le blé dur, le blé tendre et l'orge. La Mutuelle Agricole Marocaine d'Assurances (MAMDA) et le Crédit Agricole du Maroc (CAM), sont les deux organismes directement concernés par ce produit dans le cadre de la mise en marche du programme de lutte contre la sécheresse.

Ce dispositif concerne les zones qualifiées de « bours favorables » couvrant les provinces de Benslimane, Sidi Kacem, Kenitra, Khémisset, El Hajeb, Taounate, Taza, El Jadida, Safi (sauf le cercle des Abda), Béni Mellal, Khénifra et Settat (cercles d'El Gara, Berrechid et Settat), en plus des wilayas, de Casablanca, Fès (à l'exception de la province de Séfrou), Meknès (excepté la province d'El Hajeb) et Rabat-Salé,-Zemmour-Zaïr. Marrakech a été exclue en raison de sa forte et/ou fréquente sinistralité. Globalement, la surface couverte atteint 300.000 hectares.

Au niveau du fondement technique de la méthodologie, il convient de préciser que cette assurance conditionne l'octroi de crédit dispensé par le CAM. En effet, pour bénéficier du financement de cette banque, l'agriculteur est obligé de s'assurer auprès de la MAMDA. En dehors de contractants de prêts agricoles, la souscription de la couverture sécheresse n'a aucun caractère obligatoire.

L'adhésion est ouverte aux céréaliers des provinces incluses dans le programme, qui sont les zones à vocation céréalière jugées techniquement assurables. La procédure prévoit 3 niveaux de garantie : 1000, 2000 et 3000 DH/ha, avec des cotisations correspondant à chacun d'eux, de 60 à 360 DH/ha selon les années.

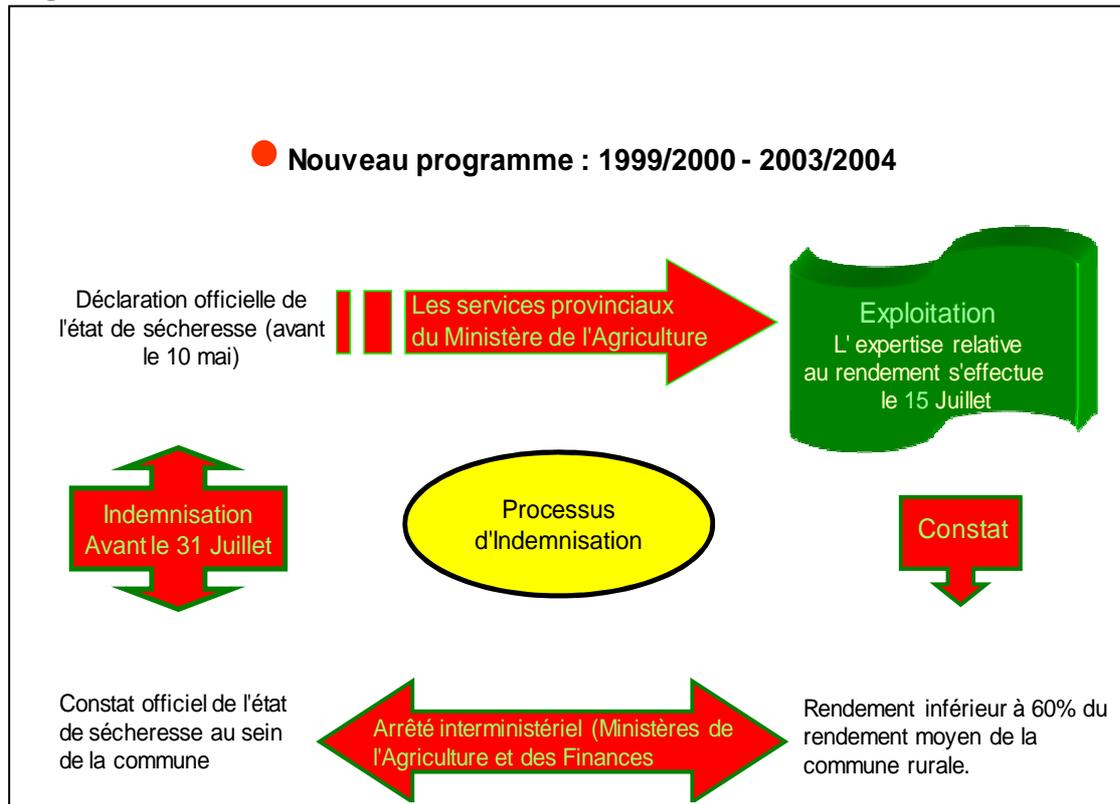
Le souscripteur à cette assurance doit se soumettre à un cahier des charges agronomique adapté aux caractéristiques des exploitations relatives à chaque niveau de rendement garanti.

Par ailleurs, l'assurance est mise en jeu lorsque les rendements moyens effectifs obtenus dans une commune donnée tombent au-dessous d'un pourcentage déterminé de la moyenne historique pour une commune donnée, soit 60 % ; niveau fixé par les services du Ministère de l'Agriculture. L'indemnisation ne devient, pourtant, effective qu'une fois la commune ou la province victime de la sécheresse est déclarée sinistrée conjointement par les deux Ministères de l'Agriculture et des Finances. Le dispositif d'indemnisation est, donc, subordonné au constat officiel de l'état de sécheresse au sein de la commune rurale par arrêté interministériel (Ministères de l'Agriculture et des Finances). Cet arrêté doit notamment s'appuyer sur les rapports établis par les services provinciaux du Ministère de l'Agriculture constatant que le rendement obtenu est effectivement inférieur au rendement moyen de la commune concernée.

La déclaration officielle doit intervenir au plus tard le 10 mai. Les expertises relatives aux rendements doivent être effectuées le 15 juillet, et les indemnisations des sinistrés interviennent au plus tard le 31 juillet.

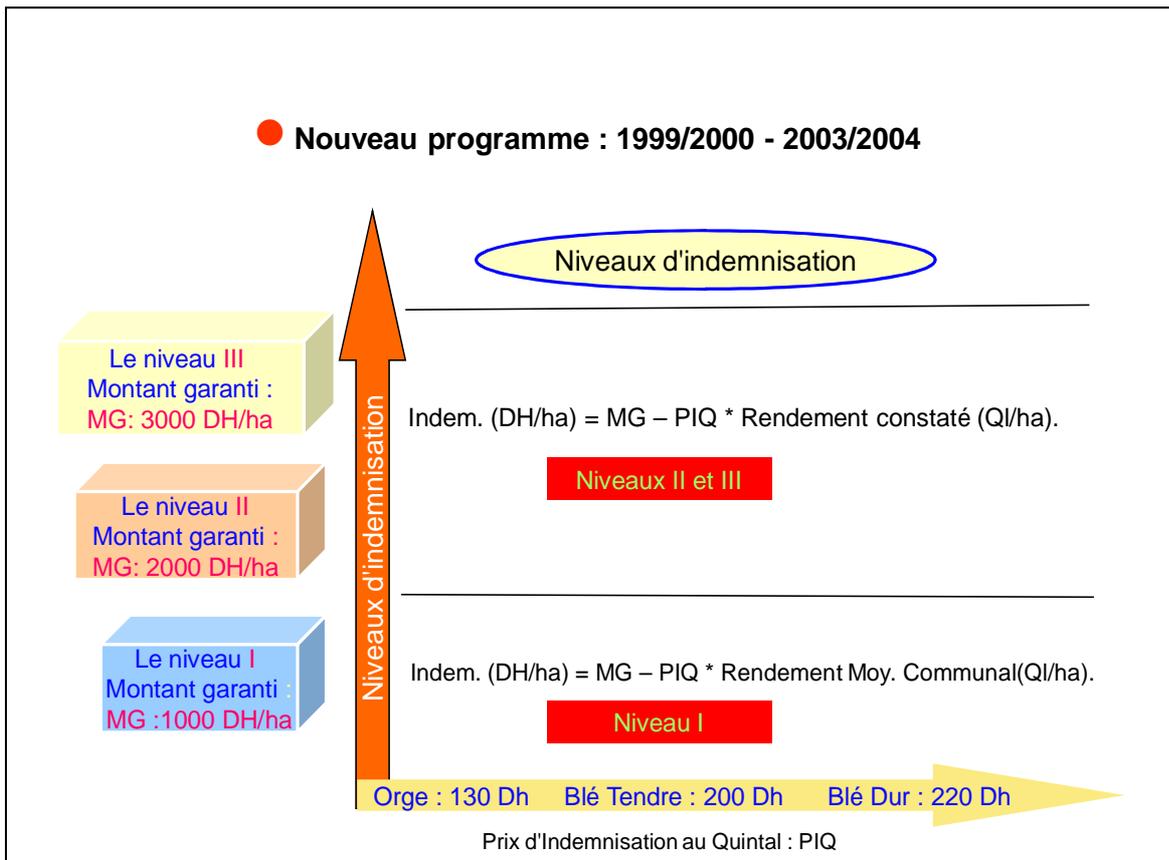
Nombreuses sont les reproches faites, à ce niveau, à la procédure adoptée dont les plus importantes peuvent se résumer ainsi : i) la déclaration du sinistre ne repose pas sur des critères rigoureux ; ii) l'évaluation est sélective et ne prend pas en compte les diversités intra commune ; iii) Il y a un manque de clarté. Par ailleurs, les agriculteurs non indemnisés ne disposent d'aucun recours.

**Figure n° 3 : Processus d'indemnisation**



Le niveau d'indemnisation correspond à la différence entre le montant garanti et la valeur de la récolte réalisée. L'évaluation de cette dernière est effectuée d'une part, à travers l'estimation des rendements constatés (en Qx/ha), sur une base soit communale, en ce qui concerne le premier niveau de garanti, soit individuelle pour ce qui est des autres niveaux, et d'autre part, sur les prix d'indemnisation au quintal préalablement fixés

**Figure n°4: calcul de l'indemnisation adopté à partir de 1999/2000**



*L'indemnisation du sinistre s'appuie sur les ressources suivantes :*

- les cotisations des agriculteurs;
- la réassurance;
- la contribution de l'Etat au système;
- tous les produits financiers ou de placements qui découlent de la gestion des ressources ci-dessus;
- une contribution de la MAMDA à hauteur de 80 Millions de dirhams après épuisement des plafonds de réassurance et de la contribution de l'Etat au système.

*Les résultats obtenus sont en deçà des résultats escomptés (cf. tableau ci-après). En cinq ans, la superficie assurée a même baissé de 55,97%, passant de 244.453 ha en 2000-2001 à 107.644 ha pour la campagne de 2005-2006. Le taux de réalisation par rapport à l'objectif du programme (300 000 ha par an) a été ramené de 81% à 36%. Le nombre de petits et moyens souscripteurs n'a pas dépassé 8540 au lieu de 33146 cinq ans au paravent. Seuls les clients du Crédit agricole y participent.*

**Tableau n°2 : récapitulatif des résultats de l'assurance sécheresse de  
1999/2000 à 2005/2006**

Campagne agricole	1999-2000	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06
Superficie Concernée (Ha)	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000
Superficie assurée	112 000	244 453	221 610	158 616	122 698	120 947	107 644
Réalisation en (%)	37 %	81 %	74 %	53 %	41 %	40 %	36 %
Nb adhérents	18 357	33 146	23 688	18 159	16088	10 353	8 540
Cotisations (p) en Millions de Dhs.	24	67	64	48	35	32	31
Indemnisation Millions DH (S)	185	108	220	9	35	125	7
S/P (%)	771%	161%	344%	19%	100%	391%	23%
Sup indemnisée (Ha)	11 611	71 562	127 263	5396	16 256	94 681	9 211
Nb. Agriculteurs		10 967	11 220	572	1 327	8 026	1 306
Nb. communes rurales sinistrées		143	184	15	18	247	44

Source : MAMDA

A noter que ce système vise la couverture des charges directes engagées par les agriculteurs et non pas la production escomptée ou le revenu de l'exploitation, en raison du coût élevé que cela aurait induit.

Globalement, deux inconvénients majeurs affectent la pertinence de ce mécanisme et le rend moins efficace et peu efficient. Il s'agit :

1. De l'évaluation des rendements individuels qui est à la base de la détermination des deux niveaux d'indemnisation les plus élevés. Cette opération soulève des problèmes de fraude et de risque moral et d'antisélection. En ce sens qu'il n'est pas exclu que d'une part, l'assuré, une fois couvert, ne s'occupe plus aussi bien de ses cultures et d'autre part, seules les personnes qui croient que la probabilité de subir une perte est suffisamment élevée souscrivent une assurance. Par ailleurs, ce système s'expose à la fraude.

2. Du coût que génère ledit système et qui, en somme, reste très cher eu égard à la protection relativement limitée qu'il assure.

En conclusion, l'appellation "Assurance-sécheresse" est en elle-même une aberration qui est de nature à semer de la confusion. En effet, ce « label » est inapproprié dans la mesure où il ne s'agit pas d'une assurance proprement dite mais, d'une garantie de l'Etat contre les effets

de la sécheresse ; mise en place pour appuyer le programme de sécurisation de la céréaliculture et permettre à l'agriculteur des provinces éligibles de récupérer son investissement en cas de mauvaise récolte due à une faible pluviométrie.

### **1-1-2 L'intérêt pour le Maroc pour l'assurance indicelle**

Conscient des insuffisances de ce programme, le gouvernement marocain a décidé en 2000 de participer au projet de recherche initié par la Banque Mondiale en vue d'analyser la faisabilité des régimes basés sur des indices météorologiques au Maroc.

L'étude, ainsi réalisée, montre qu'un produit d'assurance indicel basé sur la pluviométrie présente, en plus de sa faisabilité, des avantages indéniables par comparaison au système actuel.

C'est ainsi que le gouvernement, à l'instar des assureurs et des producteurs, a manifesté son intérêt pour ce produit. L'ensemble de ces acteurs ont fait savoir leur disposition à mettre en place l'assurance pluviométrique. Mais à cause du prix de la réassurance qui n'était pas à la portée des producteurs, la mise en marche des programmes expérimentaux prévus pour le Maroc n'a jamais eu lieu.

Par ailleurs, l'intérêt que représente le système basé sur le SPI pour le traitement de la sécheresse notamment, n'a pas échappé aux chercheurs marocains à l'instar de l'équipe qui a travaillé, en 2003, sous la direction d'Abdallah Aghrab.

Cette équipe qui a mené des études au niveau de la région de Saïss (Meknès et Fès), a proposé une nouvelle classification nommée SPI corrigé ou SPIc. C'est en utilisant les seuils de sévérité, établis par la méthode du nombre de déviations typiques, qu'elle est parvenue à mettre en exergue cette nouvelle classification de cet indice.

L'intérêt de cette nouvelle classification est qu'elle est identique pour les deux zones étudiées et pour les différentes échelles de temps, offrant ainsi, la possibilité de procéder à des comparaisons que se soit entre les différentes régions ou entre les différentes échelles de temps. Le tableau ci-après présente cette nouvelle classification.

**Tableau n° 3 : Classification du SPI par catégorie et sa probabilité théorique d'occurrence**

<b>VALEUR SPI</b>	<b>CATÉGORIE</b>	<b>PROBABILITÉ (%)</b>
$\geq 2$	<i>Extrêmement humide</i>	2.3
1.50 à 1.99	<i>Très humide</i>	4.4
1.00 à 1.49	<i>Modérément humide</i>	9.2
0.00 à 0.99	<i>Légèrement humide</i>	34.1
0.00 à -0.99	<i>Légèrement sèche</i>	34.1
-1.00 à -1.49	<i>Modérément sèche (sécheresse modérée)</i>	9.2
-1.50 à -1.99	<i>Très sèche (sécheresse sévère)</i>	4.4
$\leq -2.00$	<i>Extrêmement sèche (sécheresse extrême)</i>	2.3

De même, en 2007, une étude- évoquée ci-dessus a été effectuée, en collaboration avec l'École Nationale d'Agriculture de Meknès (Maroc), pour caractériser la sécheresse enregistrée entre 1983/1984 et 2005/2006. Ladite étude a usé des indices de sécheresse dans deux zones du bassin méditerranéen à savoir Meknès au Maroc et Cordoue en Espagne, pour classer les années selon la position de la sécheresse par rapport au cycle de développement. Les principales cultures concernées sont les céréales et l'olivier.

## **1.2 Consistance et éléments de base de l'assurance indexée**

De prime abord, il convient, dans un premier temps, de s'intéresser à la consistance de l'assurance indexée et, plus particulièrement, au SPI, qui est au cœur de ce produit et qui constitue sa véritable valeur ajoutée, pour consacrer, par la suite, le deuxième point à la présentation de quelques éléments de base de ladite assurance

### **1.2.1 Consistance de l'assurance indexée**

L'université du Nebraska-Lincoln (États-Unis d'Amérique) a organisé, du 8 au 11 décembre 2009, un atelier interrégional sur les indices et les systèmes d'alerte précoce applicables à la sécheresse. Les experts, qui ont pris part à cette manifestation scientifique, ont adopté, par voie de consensus, l'indice de précipitations normalisé (SPI) qui devrait être la référence pour les Services météorologiques et hydrologiques du monde dans leur description des sécheresses météorologiques.

*Développé par McKee et al. (1993), le SPI qui nécessite des relevés sur au moins 30 ans, est un indice basé sur la probabilité pluviométrique, pour un laps de temps donné et par référence aux relevés relatifs à de longues périodes. La sécheresse débute lorsque cet indice commence à être systématiquement négatif et prend fin lorsqu'il devient positif. Le SPI est ainsi le moyen le mieux indiqué pour déceler rapidement ce phénomène, prévoir son intensité et annoncer sa fin. A ce titre, l'Indice de précipitations normalisé contribue à optimiser les régimes d'assurance-récolte pour les agriculteurs et à améliorer les moyens de subsistance de ces derniers. Il s'agit donc, d'un indice de sécheresse météorologique universel conçu pour faciliter la surveillance des sécheresses et la gestion des risques liés au climat.*

*Pour le calcul du SPI, en vue d'estimer le risque sécheresse pour les céréales d'hivers par exemple, il faut au préalable (cf. le deuxième chapitre) déterminer la (s) zone (s) à étudier et disposer des données pluviométriques. Une fois ces éléments disponibles, il est possible de procéder au calcul du SPI, qui consiste à faire ressortir les déviations standard de la valeur enregistrée de précipitation par rapport à la moyenne historique pour la même échelle de temps. Le processus de calcul consiste en un ajustement de chacune des séries de données pluviométriques à une fonction de probabilité Gamma, pour postérieurement normaliser les précipitations, de façon à ce que les valeurs du SPI suivent une loi normale centrée réduite avec une moyenne de 0 et un écart type de 1. Les valeurs négatives du SPI signifient qu'on est en présence d'un déficit de précipitation (sécheresse). Pratiquement, le SPI renseigne sur le nombre d'occurrences de la sécheresse et permet d'estimer leur probabilité, en tenant compte des cas favorables d'occurrence et des cas possibles totaux. Cette technique, qui a fait ses preuves dans de nombreux pays (voir annexe) permet la mise en place d'une assurance indexée suffisamment adaptée à chaque culture ou production agricole et offre toutes les conditions objectives pour gérer le risque climatique.*

### **1.2.2 Description de quelques éléments de base**

*L'indice standardisé de précipitation SPI est un outil pertinent de suivi de la sécheresse dans le temps et dans l'espace et demeure une composante intégrale de tout système permettant l'alerte précoce du phénomène. Il est à rappeler que cet indice est utilisé au niveau international pour quantifier la sécheresse météorologique.*

*Son calcul, basé uniquement sur la variable précipitation, consiste en un ajustement de données historiques de précipitations selon une fonction Gamma de distribution de probabilités ; fonction qui est ensuite transformée en une distribution normale standard (moyenne 0, variance 1), la valeur résultante de cette transformation étant le SPI.*

*Les valeurs négatives du SPI représentent un déficit de précipitation alors que les valeurs positives indiquent que la précipitation a été supérieure à la moyenne historique.*

*La liste ci-après, faisant ressortir les éléments de base de l'assurance indexée, n'est pas une liste exhaustive. Elle peut être complétée par les notions et concepts qui sont en rapport avec le sujet et dont il est question soit dans ce premier axe de l'étude soit dans les autres axes. On s'est donc, limité à quelques éléments, à titre indicatif, pour éviter la répétition et la transformation de cette partie en glossaire*

### **1.2.2.1 Typologie de la sécheresse**

Ce phénomène peut prendre quatre formes :

#### *i) Sécheresse météorologique (climatique)*

*Ce type de sécheresse se traduit par une absence prolongée, un déficit marqué ou une faible distribution des précipitations enregistrées durant une période donnée et ce, par rapport à la moyenne des précipitations calculée par référence à la normale climatique (une série de données supérieure ou égale à 30 ans). En d'autres termes, la sécheresse météorologique est l'expression de la déviation de la précipitation, pendant une durée donnée, par rapport à la normale.*

#### *ii) Sécheresse agricole*

*Elle se traduit par une réduction significative de la production agricole par comparaison à une campagne normale, suite à un déficit marqué et soutenu des précipitations. Autrement, ce phénomène se manifeste par une insuffisance de l'humidité au sol agricole nécessaire pour satisfaire les besoins d'une culture donnée à un stade bien précis de son développement. Cette sécheresse est due à des insolation et de températures élevées.*

#### *iii) Sécheresse hydrologique*

*S'agissant de la sécheresse hydrologique, elle a encore moins à voir avec l'insuffisance des précipitations par rapport à la normale, puisqu'elle est généralement définie comme l'écart de l'approvisionnement en eau de surface et en eau souterraine par rapport à certaines conditions moyennes à différents moments. Comme dans le cas de la sécheresse de type agricole, il n'y a pas de relation directe entre la hauteur de précipitations et le degré d'approvisionnement en eau de surface et en eau souterraine des lacs, réservoirs, aquifères et cours d'eau, parce que ces divers éléments du système hydraulique sont utilisés à des fins multiples et rivales (irrigation, activité récréative, tourisme...)( OMM- 2006)*

#### *iv) Sécheresse socioéconomique*

*Elle diffère fortement des autres types de sécheresse du fait qu'elle reflète la relation entre l'offre et la demande de certaines denrées ou certains biens économiques (eau, fourrage pour le bétail, énergie hydroélectrique, etc.) qui sont tributaires des précipitations (OMM-2006). Il s'agit en fait de la dimension sociale de la sécheresse.*

#### *v)- Cas du Maroc*

*Pour identifier les années de sécheresse au Maroc sur 10 siècles (de 1000 à 1984) par référence à la dendrochronologie ou la dendroclimatologie<sup>2</sup>, l'équipe de Stockton(1985) a pris comme sèche toute année dont l'épaisseur des cernes des troncs d'arbre analysés est*

---

<sup>2</sup> Méthode de datation des changements climatiques passés par l'étude des anneaux de croissance des troncs d'arbres ou cernes « tree rings ». L'épaisseur des cernes permet de dévoiler la succession aléatoire des années sèches et humides et offre, ainsi, la possibilité d'établir la chronologie des sécheresses sur des siècles)

inférieure à 70% de la moyenne. Sur cette base, le nombre d'années sèches sur la période retenue se présente ainsi :

**Tableau n°4 : le nombre d'années sèches sur la période retenue**

<i>Durée de sécheresse (en année)</i>	1	2	3	4	5	6
<i>Nombre des occurrences</i>	89	35	9	6	4	3

Source : Stockton

Sur une durée de 984 ans, le Maroc a connu 146 années sèches, soit une année sèche chaque 6 à 7 ans. Le plus intéressant est de disposer de la répartition des mauvaises campagnes sur la durée étudiée et de connaître comment cette fréquence a évolué.

Dans ce cadre, les données de la météorologique concernant le XX<sup>ème</sup> siècle, montrent que le pays dans son ensemble a connu 10 principales périodes très sèches et d'intensité modérée à forte: 1904/1905 ; 1917/1920 ; 1930/1935 ; 1944/1945 ; 1948/1950 ; 1960/1961 ; 1974/1975 ; 1981/1984 ; 1991/1993 et 1994/1995.

Les sécheresses sévères du siècle sont celles enregistrées au cours des saisons suivantes : 1944/1945 ; 1982/1983 ; 1991/1993 et 1994/1995. Cette dernière a été la plus sévère.

D'autres, plus localisées, mais assez ressenties ont marqué les campagnes suivantes : 1906/1907 ; 1910/1914, 1924/1927 ; 1952/1953 ; 1965/1967 ; 1972/1973 et 1985/1987.

La fréquence de la sécheresse sévère, qui était de 10ans en moyenne-à quelques exceptions près- s'est fortement réduite à partir de 1974/1975.

En tenant compte des sécheresses localisées, le répit dont bénéficiait le Maroc se situait le plus souvent au tour de 3ans ; c'est dire le caractère structurel de ce phénomène.

Pour faire face à ce problème, l'Etat a mis en place un Plan National de Lutte contre les Effets de la Sécheresse (PNLES) dont l'objectif est d'une part, d'assurer : i) l'approvisionnement en eau potable des zones rurales déficitaires, ii) la sauvegarde et la protection du cheptel et du patrimoine forestier,

iii) l'approvisionnement du pays en céréales et d'autre part, prendre les mesures nécessaires en vue de desserrer la contrainte financière et ce, par la création des emplois temporaires générateurs de revenus et le report des échéances de crédit de l'année en cours.

En dépit de son importance, cette action n'offre pas à l'agriculteur les garanties qui s'imposent pour le rassurer et pérenniser son activité. Le PNLES, dont l'intérêt n'est pas à démontrer, entretient l'esprit plutôt d'assistance et consacre la culture fataliste. Sans l'intériorisation du risque qui est de nature à inciter le paysan à se comporter autrement avec les aléas climatiques et à les anticiper en optant pour une démarche managériale conséquente, ce dernier finirait par jeter l'éponge en désertant notamment la campagne. De même, le PNLES perdrait de son efficacité pour se transformer en un gouffre financier. Ce plan gagnerait à être d'une part, repensé pour s'inscrire dans une stratégie globale de traitement de la sécheresse et de l'ensemble des catastrophes naturelles et d'autre part, renforcé par la mise en place d'une assurance suffisamment attrayante.

### **1.2.2.2 Profil de risque de sécheresse dans chaque zone**

#### **a- Les données de départ**

**Pluviométrie:** pour chaque zone définie, on doit disposer d'une série historique de précipitations mensuelles provenant de la station météorologique désignée.

**Rendements:** une série historique de rendements moyens de céréales d'hiver dans chacune des zones concernées est nécessaire.

b- Définition de la période de croissance

Pour les céréales d'hiver au Maroc, la période de croissance se situe entre septembre et mai.

c- Définition des intervalles de temps étudiés

En vue de réaliser une étude détaillée de la variabilité de la pluviométrie tout au long de la période de croissance fixée, on définit un total de 45 intervalles de temps correspondant aux neuf mois de la période de croissance et de toutes les combinaisons possibles:

Les neuf périodes avec chevauchement de 1 mois consécutifs: sept-oct., etc.

Les huit périodes avec chevauchement de 2 mois consécutifs: sept-nov., etc.

Les sept périodes chevauchement de 3 mois consécutifs: sept-déc., etc.

...

Toute la période de croissance: sept-mai

### 1.2.2.3 Caractérisation de la sécheresse

L'analyse de la sécheresse revient en fait, à la prise en considération de sa durée ainsi que de sa sévérité, de son intensité et de son extension spatiale (Sibou, 2005).

Pour la caractérisation de la sécheresse, on doit se référer à une série d'intervalle consécutifs de variables météorologique ou hydrologique (run method). Cette méthode se fonde d'une part, sur la définition d'un seuil pour se prononcer sur l'état ou non de sécheresse en déclarant l'année, objet de l'étude, sèche ou pas et présuppose d'autre part, l'identification de l'année normale ou moyenne.

**La durée  $L(s)$**  correspond au temps que prend la sécheresse, situé entre la date de l'apparition de ce phénomène et la date de sa disparition. Ce temps /sécheresse se définit par le nombre d'intervalles consécutifs où la variable reste inférieure au seuil de troncature.

$$L(s) = I_f - I_i + 1$$

Avec :  $I_f$  = fin de l'intervalle considéré

$I_i$  = début du même intervalle considéré

**La sévérité  $D(s)$**  est définie comme étant la somme des déviations, par rapport au seuil de troncature, des apports durant la période détectée comme sèche.

$$D(s) = \sum d(i)$$

**L'intensité  $I(s)$**  revient à rapporter le déficit cumulé à la durée du déficit.

$$I(s) = D(s) / L(s)$$

Avec :  $D(s)$  = déficit cumulé (mm)

$L(s)$  = durée de la sécheresse (j/an)

**L'extension spatiale** consiste à circonscrire le périmètre de sécheresse et à répondre, par ricochet, à des questions pratiques de gestion et de planification.

#### **1.2.2.4 Autres éléments de base**

##### **1.2.2.4.1 Objet de l'assurance**

*L'objet de l'assurance indexée consiste à mettre à la disposition des céréaliers marocains un nouvel instrument de protection contre la sécheresse agricole et de leur permettre d'intérioriser le risque climatique pour une gestion plus adaptée de leurs exploitations*

##### **1.2.2.4.2 Garanties**

*L'assurance indexée offre une garantie sur les productions cultivées en terre non irriguée de céréales d'hiver pendant une période bien déterminée, dite période de garantie, en vue de couvrir le risque de sécheresse qui correspond à la situation où le SPI, calculé pour chaque zone de référence, se trouve en dessous des seuils de SPI garantis.*

*Trois niveaux de garanties sont à retenir et ce, en fonction de la sévérité de la sécheresse :*

*a- Sécheresse modérée :*

*La valeur du SPI actuelle, calculée pour la zone de référence, se trouve entre les seuils de SPI déterminés pour une sécheresse modérée et sévère ( $-1,5 < SPI \leq -0,67$ ).*

*b- Sécheresse sévère:*

*La valeur du SPI actuel, calculé pour la zone de référence, se situe entre les seuils de SPI déterminés pour une sécheresse sévère et extrême ( $-2 < SPI \leq -1,5$ ).*

*c- Sécheresse extrême:*

*La valeur du SPI actuel, calculé pour la zone de référence, est inférieur au seuil de SPI déterminé pour une sécheresse extrême ( $SPI \leq -2$ ).*

*Au Maroc, la superficie dédiée à la céréaliculture, dite « bour » (non irriguée), se divise en trois parties :*

- Bour favorable ;*
- Bour intermédiaire ;*
- Bour défavorable. Ce dernier est d'office exclu du domaine de l'assurance indexée.*

*En année de sécheresse, la céréaliculture occupe en moyenne une superficie d'environ 4,5 millions d'hectares avec une production de l'ordre de 30 millions de quintaux et un rendement moyen de 6,6 qx/ha. Le bour couvre 4,2 millions d'ha (94% du total des emblavements) avec une production de 23 millions de qx, soit 76% du total et un rendement moyen de 5,5 qx/ha (Ministère de l'Agriculture, 1999). A noter que le bour favorable et l'irrigué contribuent en moyenne à hauteur de 50% de la production céréalière en année sèche.*

##### **1.2.2.4.3 Domaine d'application**

*Le domaine d'application concerne les exploitations situées dans les communes des provinces de : Meknès (région de Saïs), Settat, Khouribga (Chaouia-Ourdigha) et El Jadida (Abda-Doukala), considérées comme bour favorable. Ce domaine peut être élargi à d'autres exploitations relevant d'autres provinces à condition de disposer des informations*

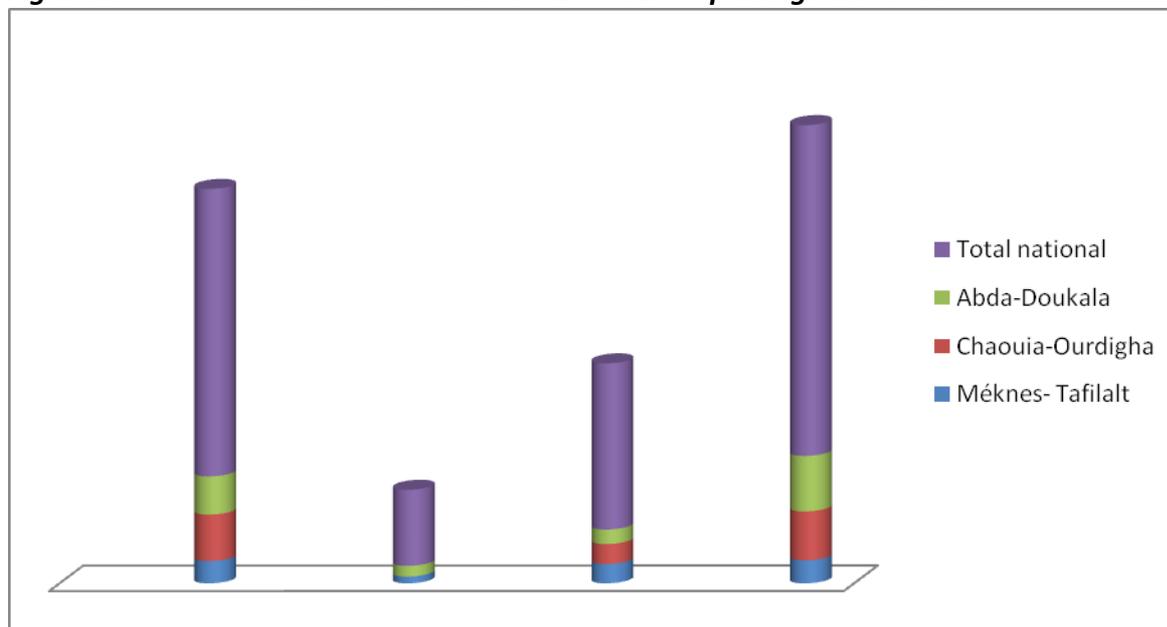
météorologiques nécessaires pour le calcul du SPI dans ces nouvelles zones de production de céréales

**Tableau n°5 : Production des trois céréales 2008- 2009 par région retenue**  
Superficie en 1000 ha ; Production en 1000 qx

Région	2005/2006		2006/2007		2007/2008		2008/2009	
	Superficie	Production	Superficie	Produc.	Superficie	Produc.	Superficie	Produc. prév.
Meknès-Tafilalt	342,6	6867,9	335,9	2096,0	343,3	5934,3	347,6	7062,6
Chaouia-Ourdigha (Khouribga)	728,4	14320,1	653,2	1348,7	823,0	6179,5	713,9	15103,7
Abda-Doukala (El Jadida)	635,0	11781,9	599,2	3297,3	651,8	4484,0	690,1	17112,7
Total national	5295,3	88618,3	4565,3	23451,8	5039,4	51226,7	5160,3	101980,8

Source : Ministère de l'Agriculture

**Figure n°5 : Production des trois céréales 2008- 2009 par région retenue**



#### 1.2.2.4.4 Productions assurables

Sont considérées comme productions assurables celles correspondant aux différentes variétés de cultures de céréales d'hiver en terre non irriguée (blé tendre, blé dur et orge), destinées exclusivement à l'obtention du grain.

Ne peuvent être assurées les productions suivantes:

- ✓ Les parcelles se trouvant à l'abandon.
- ✓ Les cultures en parcelles destinées aux pâturages ou à l'obtention de fourrage.
- ✓ Le mélange de deux ou plus d'espèces de céréales sur une même parcelle ainsi que les mélanges céréales- légumineuses. En revanche, sont admis les mélanges de variétés d'une même espèce.
- ✓ Les cultures de céréales provenant de l'enfouissement et la germination postérieure des semences restées dans le sol depuis la campagne antérieure, que l'on ait ou non complété avec de nouvelles semences, à savoir ce qui est appelé éteules, chaume, etc.
- ✓ Les cultures destinées à l'expérimentation ou aux essais, concernant aussi bien le matériel végétal que les techniques ou pratiques de culture.
- ✓ Les productions mentionnées sont donc exclues complètement de la couverture de l'assurance indexée, même lorsqu'elles auraient pu par erreur être incluses par l'assuré dans la déclaration d'assurance.

#### **1.2.2.4.5 Prix unitaires**

Les prix assurés ne peuvent être ni inférieurs ni supérieurs aux prix minimum et maximum fixés chaque année par le Ministère de l'agriculture.

A titre d'exemple, les prix retenus par ha et province pour l'ensemble des céréales d'hiver 2009 sont les suivants:

**Tableau n°6 : prix retenus par ha et province pour l'ensemble des céréales d'hiver 2009**

<b>Province</b>	<b>Prix maximal (MAD/ha)</b>	<b>Prix minimal (MAD/ha)</b>
Mekhnès	3 857	2 893
Settat	2 768	2 076
Khouribga	3 066	2 299
El Jadida	4 195	3 146

#### **1.2.2.4.6 Valeur de la Production et capital assuré**

##### *a- Valeur de la Production*

La valeur de la production est égale au produit de la surface déclarée pour chaque parcelle multiplié par le prix unitaire ayant été attribué par l'assuré dans sa déclaration d'assurance et ce, dans le respect des limites maximale et minimale.

##### *b- Capital assuré*

Pour le calcul des primes et le paiement des indemnités, le capital assuré est fixé à 100% de la valeur de la production assurée pour l'exploitation.

#### **1.2.2.4.7 Obligations de l'assuré**

Dans sa déclaration d'assurance, l'assuré doit impérativement :

- Fixer la surface à consigner et la zone de référence de chaque parcelle.
- Donner avec précision le détail parcellaire.

#### **1.2.2.4.8 Conditions techniques minimales de culture**

L'assuré doit s'assurer que les exploitations, objet de l'assurance indexée, respectent scrupuleusement les conditions techniques minimales de culture définies par le Ministère de l'agriculture.

#### **1.2.2.4.9 Déclaration de sinistre**

La sinistralité occasionnée par la sécheresse, dans une zone de référence donnée, relève des attributions de l'Organisme chargé du calcul du SPI actuel. Quant à la déclaration du sinistre, elle peut être le fait soit de cet Organisme soit d'une instance gouvernementale. La première possibilité semble plus en phase avec le produit proposé qui reste une assurance privée qui devrait, normalement, être commercialisé par les compagnies d'assurances au même titre que tout autre produit.

#### **1.2.2.4.10 Calcul du montant de l'indemnisation**

Il revient à l'Organisme chargé du calcul du SPI :

- d'évaluer la situation et de conclure à l'existence ou non de la sécheresse au cours d'une campagne donnée et ce, en fonction de la valeur du SPI enregistrée au cours de la période la plus vulnérable définie dans chaque zone de référence (SPI actuel), et des seuils fixés pour les différents types de sécheresse aux fins de l'assurance.
- de procéder au calcul de l'indemnisation sur la base SPI et conformément à la procédure définie.

L'assuré n'est pas obligé d'envoyer la déclaration de sinistre.

A la fin des garanties, le SPI actuel est calculé à partir des données mensuelles de précipitation de la campagne en cours dans la zone de référence, pendant la période définie comme la plus vulnérable dans la zone correspondante. Ensuite, on vérifie que le SPI actuel calculé pour la zone de référence a dépassé le seuil minimum fixé aux fins de l'assurance et qu'on peut considérer que la sécheresse peut être indemnisée.

Une fois le seuil de sécheresse indemnisable est dépassé, on doit définir la gravité du sinistre par référence aux critères de classification de la sécheresse établis aux fins de l'assurance:

- Sécheresse non indemnisable :  $SPI\ actuel > -0,67$
- Sécheresse modérée :  $-1,5 < SPI\ actuel \leq -0,67$
- Sécheresse sévère :  $-2 < SPI\ actuel \leq -1,5$
- Sécheresse extrême :  $SPI\ actuel \leq -2$

Dans les zones de référence où le sinistre s'est déclaré,

**Tableau n°7 : Classification du SPI en types de sécheresse et coefficients d'indemnisation**

<b>Valeur SPI</b>	<b>Type de sécheresse</b>	<b>Coefficient Indemnisation</b>
-0,67 à -1,49	Sécheresse modérée	25%
-1,5 à -1,99	Sécheresse sévère	50%
$\leq -2$	Sécheresse extrême	75%

Les prix unitaires servant au calcul de l'indemnité seront ceux portés au contrat, à moins que l'assureur n'ait, avant le sinistre, signifié à l'assuré, par lettre recommandée, qu'il entendait ramener les prix unitaires portés au contrat aux limites admises pour l'exercice en cours.

### 1.2.2.4.11 Autres définitions

#### a- Exploitation agricole

C'est une unité économique de production agricole soumise à une direction unique, et comprenant toute ou partie de la terre dédiée à la production agricole, indépendamment du titre de propriété, du statut juridique, de la taille ou de l'emplacement.

Par référence à la taille, la structure foncière au Maroc, se présente ainsi :

**Tableau n°8 : structure foncière au Maroc par référence à la taille**

Classe, taille, SAU en ha	Exploitations	Structure en %
<b>Sans terre</b>	<b>64716</b>	<b>4,3</b>
0-1	315323	21,1
1-3	446710	29,8
3-5	237669	15,9
5-10	247766	16,6
10-20	125169	8,4
20-50	47985	3,2
50-100	7829	0,5
100 et plus	3182	0,2
<b>Total</b>	<b>1496349</b>	<b>100</b>

Source : « Etude stratégique sur les perspectives d'évolution du secteur meunier »- PAAP- p 13

Les superficies de moins de 5ha représentent 69,82% et ne disposent que de 25% de la superficie globale ;

Les exploitations moyennes dont la taille varie entre 5 et 50 ha interviennent pour 29,40% et pour presque 60% de la superficie globale ;

Les grandes exploitations (+ 50ha) occupent moins de 1% du total des exploitations alors qu'elles participent à hauteur de 15% au niveau de la surface globale.

La structure foncière se distingue, ainsi, par une distribution disparate des superficies et par une exigüité des exploitations.

#### b- Précipitation moyenne mensuelle

Il s'agit de la valeur de précipitation moyenne, enregistrée mensuellement, par la station ou les stations météorologiques situées dans chacune des zones de référence.

#### c- Rendement moyen de céréales d'hiver

Le rendement moyen de céréales d'hiver à prendre en considération est celui du ministère de l'Agriculture calculé pour chaque zone de référence.

A titre d'exemple, les rendements (qx/ha) des trois céréales en 2007-2008 sont comme suit :

- Blé dur : 13,40
- Blé tendre : 13,10
- Orge : 06,20
- Rendement global : 10,00

#### d- Zone de référence

*Les zones de référence sont des zones géographiques choisies pour calculer le SPI sur la base des informations des stations météorologiques. Faute de données météorologiques permettant de calculer le SPI au niveau des communes, la zone de référence ne peut être que la province.*

*e- Surface assurée*

*C'est la surface fixée par l'assuré dans sa déclaration d'assurance.*

*A noter que les droits et obligations de l'assureur comme de l'assuré seront consignés dans un contrat signé par les deux parties ; contrat qui fait référence à la nature de l'assurance indexée et aux conditions techniques de sa validité notamment. En quoi consiste cette assurance ? Quels sont ses fondements ? Autant de questions qui seront traitées dans le deuxième et le troisième chapitre qui suivent. Le II est consacré à la présentation de la méthode adoptée qui est à la base de l'élaboration de ladite assurance.*

## ***Chapitre 2 : Présentation de la méthode adoptée et application informatique***

## Introduction

Ce chapitre est divisé en deux parties. La première est consacrée à la présentation de la méthode basée sur le SPI. Quant à la seconde, elle porte sur la proposition d'une application informatique qui peut être utilisée dans le cadre de l'élaboration d'une assurance indexée.

### 2-1 Présentation de la méthode basée sur le SPI

#### 2-1-1 Calcul des valeurs du SPI

On détermine le SPI pour chacune des valeurs de précipitation accumulées, calculée pour les 45 périodes considérées de chaque année de la série historique.

a. Détermination de la période la plus vulnérable

La période de plus grande vulnérabilité de la culture en cas de sécheresse est celle où la corrélation SPI/rendements est la plus importante.

Les périodes vulnérables ayant une plus grande corrélation dans chaque province seront présentées sous forme du tableau suivant :

**Tableau n°9 : Périodes vulnérables par province**

Province	Période vulnérable	Corrélation SPI/Rendement
Meknès	Octobre - Mars	78 %
Settat	Octobre - Mars	78%
Khouribga	Octobre - Mars	81%
El Jadida	Octobre - Mars	71%

Pour déterminer le profil de risque de chaque zone de référence, on prend les valeurs du SPI obtenues pour ces périodes au long de la série historique.

b. Seuils de SPI selon les différents types de sécheresse appliqués à l'assurance indexée

Plusieurs auteurs ont défini les intervalles de valeurs du SPI pour opérer une classification des classes de climat. Celle proposée par Lloyd-Hughes et al. (2002) se présente comme suit:

**Tableau n°10 : Classification du SPI en classes de climat (Lloyd-Hughes 2002)**

Valeur SPI	Catégorie	Probabilité (%)
$\geq 2$	Extrêmement humide	2,3
1,50 à 1,99	Très humide	4,4
1,00 à 1,49	Modérément humide	9,2
-0,99 à 0,99	Normal	68,2
-1,99 à -1,00	Sécheresse modérée	9,2
-1,50 à -1.99	Sécheresse sévère	4,4
$\leq -2.00$	Sécheresse extrême	2,3

Par la suite, Aghrab a mené des études au Maroc qui l'ont amené à établir une nouvelle classification du SPI dit SPI corrigé, mieux adaptée aux conditions de l'Afrique du Nord.

**Tableau n°11 : Classification du SPI en classes de climat (Aghrab 2003)**

Valeur SPI	Catégorie	Probabilité (%)
$\geq 2$	Extrêmement humide	2,3
1,00 à 1,99	Très humide	13,6
0,31 à 0,99	Modérément humide	24,2
-0,30 à 0,30	Normal	18,9
-0,31 à -0,99	Sécheresse modérée	24,2
-1,00 à -1,99	Sécheresse sévère	13,6
$\leq -2,00$	Sécheresse extrême	2,3

Ses conclusions sont d'une grande utilité pour l'élaboration d'une assurance indexée adaptée au cas marocain. Néanmoins, sa classification de sécheresse météorologique fera l'objet d'une adaptation aux effets espérés sur les cultures.

Dans la classification d'Aghrab, l'intervalle considéré comme normal est trop petit, tandis que les intervalles fixés pour une sécheresse modérée et sévère supposent un pourcentage de probabilité dans la distribution très élevé. Retenir ces valeurs supposerait un nombre trop élevé d'années avec indemnisation et en outre une dépréciation de la capacité de réponse de la culture.

L'adaptation réalisée concerne:

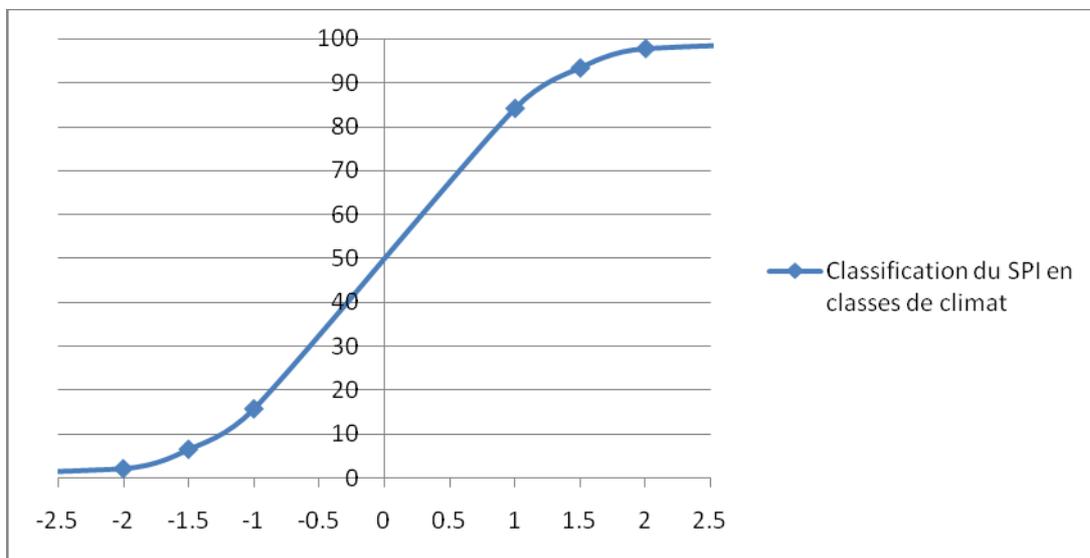
- ✓ la distribution normale de probabilités. On prend les valeurs négatives de SPI, étant celles qui représentent un déficit de précipitation, et dont l'ensemble suppose 50% de probabilité dans la distribution.
- ✓ les 50% de probabilité dans la distribution. Nous considérons que les premiers 25% correspondent aux conditions normales, ou de début de sécheresse, et doivent donc rester en dehors de l'assurance. C'est pourquoi, aux fins de l'assurance, la sécheresse débute par les 25% de probabilité suivants dans la distribution, fixant ainsi le premier seuil de SPI pour une sécheresse modérée à un SPI = -0,67. Cette valeur correspond approximativement à la moitié de l'intervalle établi par Aghrab pour une sécheresse modérée.
- ✓ Le seuil de SPI. Celui-ci, définissant le début de la sécheresse sévère, est fixé en divisant approximativement de  $\frac{1}{4}$  la probabilité des 25%, obtenant ainsi une valeur de SPI = -1,5, soit 6,7% de probabilité de la distribution. Cette valeur suppose environ la moitié de l'intervalle établi par Aghrab pour une sécheresse sévère et coïncide en outre avec la valeur utilisée dans la classification de Lloyd-Hughes pour définir le début de l'intervalle de sécheresse sévère.
- ✓ Le seuil de SPI pour la sécheresse extrême. Il est fixé à un SPI = -2. Cette valeur étant la valeur limite utilisée dans les deux classifications de SPI comme début de la sécheresse sévère. Cette valeur de SPI suppose un 2,3% de probabilité de distribution.

Le tableau suivant résume, pour chaque niveau de sécheresse, l'intervalle des valeurs de SPI et son pourcentage de probabilité:

**Tableau n°12 : Classification du SPI en classes de climat**  
(Lloyd-Hugues 2002)

$X_i$	Fréquence ( $f_i$ )	Cumul ( $F_i$ ) <sup>3</sup>
$\leq -2$	2,3	2,3
$[-1,5;-2]$	4,4	6,7
$[-2;-1]$	9,2	15,9
$[-1;1]$	68,2	84,1
$[1;1,5]$	9,2	93,3
$[1,5;2]$	4,4	97,7
$>2$	2,3	100

**Figure n°6 : Classification du SPI en classes de climat (Lloyd-Hugues 2002)**

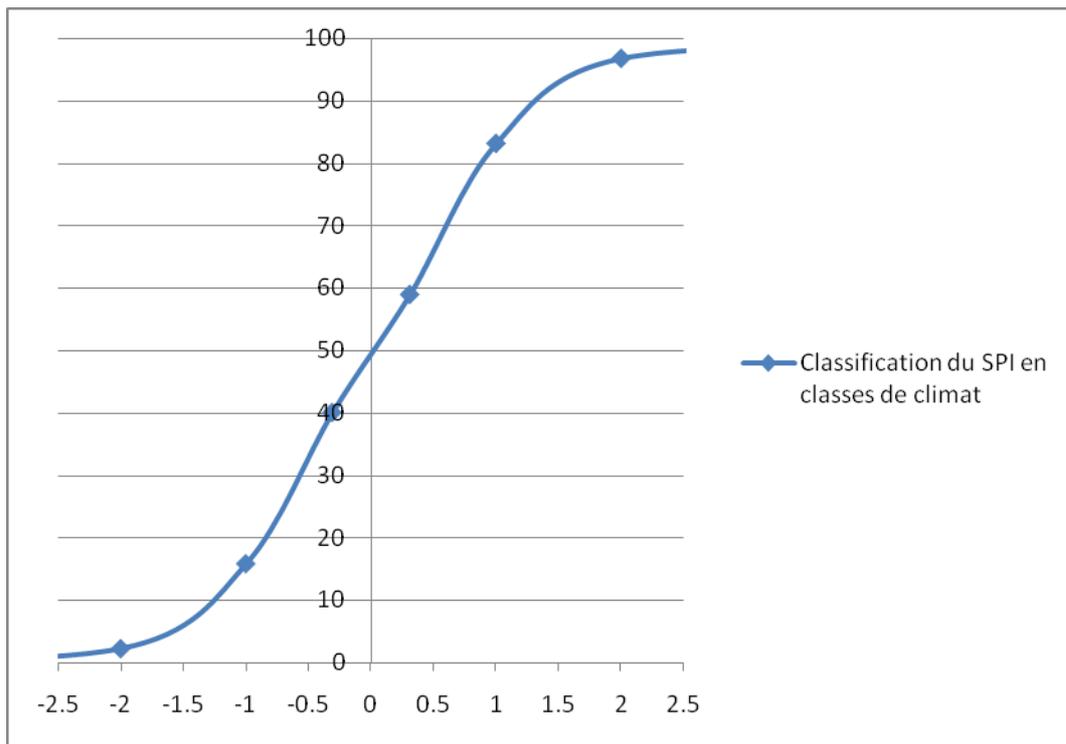


**Tableau n°13 : Classification du SPI en classes de climat**  
(Aghrab 2003)

$X_i$	Fréquence ( $f_i$ )	Cumul ( $F_i$ )
$\leq -2$	2,3	2,3
$[-2;-1]$	13,6	15,9
$[-1;-0,31]$	24,2	40,1
$[-0,31;0,31]$	18,9	59
$[0,31;1]$	24,2	83,2
$[1;2]$	13,6	96,8
$>2$	2,3	99,1

<sup>3</sup> Fréquence cumulée.

**Figure n°7 : Classification du SPI en classes de climat (Aghrab 2003)**



**Tableau n°14 : Intervalles des types de sécheresse et coefficients d'indemnisation**

Valeur SPI	Type de sécheresse	Probabilité (%)	Coef. Indemnisation
-0,67 à -1,49	Sécheresse modérée	18,4	25%
-1,5 à -1,99	Sécheresse sévère	4,4	50%
<=-2	Sécheresse extrême	2,3	75%

*c. Détermination du profil de risque*

Avec les valeurs de SPI obtenues pour chaque zone de référence pour la période la plus vulnérable au long de la série historique, on calcule les probabilités d'apparition des différents types de sécheresse, en fonction de la classification du SPI dans les différentes classes de sécheresse.

Le profil de risque pour chaque zone servira, aux fins de l'assurance, à déterminer les primes de l'assurance.

**2.1.2 Calcul du SPI actuel et détermination des périodes de sécheresse**

Pour procéder à ce calcul, il faut disposer de données de précipitations mensuelles de la campagne en cours, fournies par la station météorologique désignée dans chacune des quatre zones en l'occurrence Meknès, Settat, Khouribga et El Jadida.

**2.1.2.1 Calcul du SPI actuel pour la période vulnérable**

Pour calculer la valeur du SPI actuel, on prend les données de précipitation cumulées de la campagne en cours, pour la période vulnérable établie dans chaque zone de référence (voir Tableau n° 9).

Le SPI actuel sert à déterminer l'apparition de la sécheresse dans la campagne, selon les seuils fixés pour chaque type de sécheresse aux fins de l'assurance (Voir Tableau n° 14).

### **2.1.2.2 Apparition d'une sécheresse à partir du SPI actuel**

On détermine ainsi la sécheresse dans la campagne en cours, en fonction de la valeur du SPI atteint pendant la période la plus vulnérable définie dans chaque zone de référence (SPI actuel), et des seuils établis pour les différents types de sécheresse aux fins de l'assurance:

- ✓ Sécheresse modérée:  $-1,5 < \text{SPI actuel} \leq -0,67$
- ✓ Sécheresse sévère:  $-2 < \text{SPI actuel} \leq -1,5$
- ✓ Sécheresse extrême:  $\text{SPI actuel} \leq -2$

### **2.1.3 Application de la méthode basée sur SPI/Assurance Indexée**

Cette partie décrit le déroulement des essais réalisés avec SP) sur quatre provinces dont on dispose de suffisamment de données de précipitation et de rendements: Meknès, Settat, Khouribga et El Jadida. Les résultats obtenus, qui seront présentés ci-dessous, permettront de déterminer le profil de risque pour chacune d'entre elles.

#### **2.1.3.1 Méthodologie suivie pour la détermination du profil de risque**

La méthode suivie pour obtenir le profil de risque de sécheresse pour les céréales d'hiver dans chacune des provinces étudiées suivra le cheminement suivant :

On part d'une série de données pluviométriques correspondantes aux stations météorologiques des provinces étudiées pour estimer le risque sécheresse pour les céréales d'hiver. On considère les mois (septembre à mai) correspondant à la période de croissance des céréales dans chaque zone considérée et on tient compte des combinaisons de périodes temporaires possibles :

- ✓ Les neuf périodes avec chevauchement de 1 mois consécutifs : sept, etc. .
- ✓ Les huit périodes superposées de 2 mois consécutifs: sept-oct., oct.-nov., etc.
- ✓ Les sept périodes superposées de 3 mois consécutifs: sept-nov., oct.-déc., etc.
- ✓ Les sept périodes superposées de 4 mois consécutifs: sept-déc., oct.-jan, etc.
- ✓ etc.

C'est-à-dire, qu'on procède à une étude détaillée de la variabilité pluviométrique pour un total de 45 intervalles temporaires différents, ce qui permet de détecter les périodes qui gardent une plus haute corrélation avec les rendements obtenus.

Ceci, indiquera d'une part, les périodes qui devraient être considérées pour une estimation correcte du profil de risque de la sécheresse dans la zone étudiée, à partir du calcul des probabilités d'occurrence de la sécheresse dans ses différents degrés d'intensité (sécheresse modérée, sévère ou extrême) et d'autre part, le fait de connaître quel moment de la période de croissance influe de manière la plus significative sur la production finale, présente un intérêt énorme pour prédire les possibles déviations de rendement avant la fin de la période de croissance, c'est-à-dire, avant la fin de la campagne en cours.

#### **2.1.3.2 Calcul du SPI**

Par la suite, une fois totalisée la précipitation pour toutes les périodes considérées dans chacune des campagnes, on procède au calcul du SPI qui représente le nombre de déviations

standard que la valeur enregistrée de précipitation se dévie par rapport à la moyenne historique pour la même échelle de temps.

Le processus de calcul consiste en un ajustement de chacune des séries de données pluviométriques à une fonction de probabilité Gamma. Ces précipitations sont ensuite normalisées de façon que les valeurs du SPI suivent une loi normale centrée réduite avec une moyenne de 0 et un écart type de 1.

Les calculs du SPI sont effectués par une application informatique développée sur Excel par le Centre Africain des Risques Catastrophiques (CARC). Les résultats obtenus sont testés par le logiciel développé par le « Climate Colorado Centre ».

### 2.1.3.3 Classification du SPI et occurrence de la sécheresse

Le tableau ci-après fait ressortir la classification du SPI proposée dans le cadre de l'assurance indexée. En outre, un code numérique est affecté à chacune des différentes catégories de sécheresse en vue de compléter la classification de la sévérité de la sécheresse et de faire une interprétation plus visuelle et plus intuitive des valeurs du SPI comme indiqué dans le tableau ci-après :

**Tableau n°15 : Classification du SPI proposée pour l'assurance indexée**

Valeur SPI	CATÉGORIE	
$\geq 2,00$	Extrêmement humide	4
1,5 à 1,99	Très humide	3
0,67 à 1,49	Modérément humide	2
0 à 0,66	Normal- Légèrement humide	1
-0,01 à -0,66	Normal - Légèrement sèche	-1
-0,67 à -1,49	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>	<b>-2</b>
-1,50 à -1,99	<b>Très sèche (sécheresse sévère)</b>	<b>-3</b>
$\leq -2,00$	<b>Extrêmement sèche (sécheresse extrême)</b>	<b>-4</b>

Ce tableau permet de classer de manière simple chacune des périodes étudiées et de les inclure dans une des huit différentes catégories, selon la dimension de la déviation de la précipitation enregistrée pendant une période déterminée par rapport à la moyenne de la série historique pour cette même période.

Dans la pratique, ceci permet de connaître le nombre d'occurrences de la sécheresse, pour chacun de ses degrés de sévérité et de pouvoir estimer la probabilité d'occurrence, en tenant compte des cas favorables d'occurrence et des cas possibles.

Les périodes de sécheresse selon ses différents degrés (modérée, sévère ou extrême) sont soulignées en rouge avec, en plus, le gras pour les sécheresses sévères (-3) ou extrêmes (-4).

### 2.1.3.4 Corrélation entre SPI et rendement

Comme il a été déjà dit, un point clef de la méthodologie proposée est la détection des périodes de temps qui gardent une plus grande corrélation avec les rendements obtenus, puisque d'une part, ceci indique les périodes qu'on doit considérer pour estimer correctement le profil de risque de la sécheresse de la zone en question et d'autre part, ceci peut aussi servir pour prédire les possibles déviations du rendement avant la fin de la campagne en cours.

Il s'agit par conséquent d'étudier le degré de corrélation existant entre les données de rendement des céréales d'hiver dans la zone et les valeurs du SPI calculées. Ceci sert à

détecter les mois les plus vulnérables et à s'assurer que les résultats obtenus sont semblables, c'est-à-dire, que le SPI calculé représente fidèlement le comportement et la variabilité des précipitations.

#### **2.1.3.5 Probabilité d'occurrence de la sécheresse et profil de risque**

Une fois la valeur du SPI, pour toute la campagne et pour chacune des périodes de référence, est calculée ; les valeurs obtenues par rapport aux catégories définies, selon leur plus grande ou plus petite déviation par rapport à la valeur moyenne de toute la série, sont classées et la période la plus significative quant à la corrélation avec le rendement final est détectée ; il ne reste plus qu'à calculer la probabilité d'occurrence pour chacun des trois degrés de sécheresse considérés pour cette période et de compter, en conséquence, le nombre de leur d'occurrences dans cette période significative de référence.

La relation entre les cas favorables et les cas possibles donne comme résultat la probabilité de chacun des degrés de sécheresse. De cette façon on peut déterminer un profil de risque de la sécheresse dans chaque zone.

Sur la base des valeurs obtenues avec le SPI sur la phase vulnérable tout au long de la période historique, on prépare un graphique pour chaque zone. Celui-ci représente aussi les 3 seuils établis pour les différents types de sécheresse: modérée, sévère et extrême. De cette manière on peut identifier graphiquement les années de sécheresse et faire ressortir sa typologie. De même, en fonction du profil de risque obtenu, il est possible d'établir des cartes de risque pour chaque zone tout en précisant le type de sécheresse.

#### **2.1.3.6 Définition de l'équation de régression SPI/Rendements**

Pour déterminer l'équation de régression qui relie le mieux les deux variables SPI-rendement, il convient de prendre comme base les valeurs du SPI obtenues pour la période présentant une corrélation importante avec les rendements moyens de la série d'années étudiées .

## **2.2 Application informatique**

La solution informatique retenue dans le cadre de cette étude qui consiste à élaborer une assurance sécheresse indexée basée sur le SPI, est une solution simple dont l'accès ne poserait aucun problème aux initiés. L'objectif est de rendre cette assurance pratique et plus attractive et de lui assurer toutes les conditions de réussite qu'elles soient de forme ou de fond.

### **2.2.1 Données pluviométriques**

Des quatre régions retenues, Meknès relève d'une zone agro-climatique favorable. Quant aux trois autres, à savoir Settât, Khouribga et El Jadida, elles sont situées dans des zones agro-climatiques intermédiaires.

Les données pluviométriques mensuelles des 4 provinces considérées pour l'étude et pour la période allant de septembre-mai se présentent ainsi :

#### **2.1.1 Meknès**

#### **Tableau n°16 : Données pluviométriques mensuelles - Meknès**

MOIS									
ANNÉE	SEPT	OCT	NOV	DÉC	JAN	FÉV	MAR	AVR	MAI
1984-1985	13	8	97	15	80	31	19	80	39
1985-1986	54,8	7,8	86,4	80,7	125,9	129,6	61,3	75	0,3
1986-1987	5	13	49	28	114	133	14	35	11
1987-1988	12	20,7	108	90	105,1	71	26	26,2	51,4
1988-1989	1	71	69	13	46	65	58	111	19
1989-1990	7	78	96	170	52	0	66	85	71
1990-1991	14	25	85	97	14	126	143	20	0
1991-1992	54	32	25,2	21,1	0,2	72,3	99,9	68,5	29,5
1992-1993	1,3	39,2	26,8	28,6	22	26,8	86,1	54,9	39,4
1993-1994	0,7	38,8	107,2	24,6	75,5	142,3	29,1	3,3	27,1
1994-1995	22,3	96,5	16,2	0,2	6	50,7	28,5	51,8	6,4
1995-1996	19,9	15,1	40,8	99,3	205,8	90,4	116,7	37,1	95,5
1996-1997	43,6	32,6	26,1	261,7	107,3	0	4,4	87,4	28,2
1997-1998	76,9	21,6	104,3	112,2	49,9	61,2	21	30,8	84,9
1998-1999	32,8	9,1	0,2	65,1	86,5	38,5	48,7	0,6	5,8
1999-2000	7,2	79,4	42,9	57,3	31,5	0	4	68,8	25,8
2000-2001	13,1	57,5	36,5	126,3	74,5	25,3	15,7	3,1	23,5
2001-2002	4,8	9	8,1	99,9	0,8	9,3	79,8	94	30,1
2002-2003	0,1	52,1	172,9	47	92,3	36,7	59,8	66,6	10,5
2003-2004	0	77,9	70,6	148,3	0,8	40,1	32,9	31,1	60,1
2004-2005	0,6	108,5	40,2	58,8	4,8	57,7	19	0,9	0,4
2005-2006	1,1	40,6	112,2	53,5	110,1	107,9	61,6	13	61,4
2006-2007	8,9	19,4	22,1	47,1	30,9	36,6	31,8	145	14,9
2007-2008	6,3	68,4	43,6	4,9	58,4	50,9	18,6	34,5	18,3
2008-2009	43,5	98,8	117,8	141,2	107,9	114,1	70,6	12,5	3,3
2009-2010	125,9	6	43,4	135	129	164,8	124,9	36,7	12,8
<b>MOYENNE</b>	<b>21,92</b>	<b>43,31</b>	<b>63,37</b>	<b>77,92</b>	<b>66,58</b>	<b>64,66</b>	<b>51,55</b>	<b>48,95</b>	<b>29,60</b>

Par rapport à la moyenne, décembre reste le mois le plus pluvieux avec 77,92 mm, alors que septembre est relativement le mois le plus sèche avec 21,92 mm.

1984-1985 est l'année qui a enregistré le déficit pluviométrique le plus important. En revanche, le ciel a été plus clément en 2009-2010. A noter que la répartition de la pluviométrie que se soit en termes de mois ou d'années est loin d'être une répartition optimale.

## 2.1.2 Settat

**Tableau n° 17: Données pluviométriques mensuelles - Settat**

MOIS									
ANNÉE	SEPT	OCT	NOV	DÉC	JAN	FÉV	MAR	AVR	MAI
1984-1985	0	8,7	121,3	23,6	124,9	54,7	4,4	20,1	27,4
1985-1986	0	0	52,6	29,3	46,7	79,1	21,5	48,4	0
1986-1987	0	0	38,5	11,9	45	66,7	38,1	12,8	7
1987-1988	13,4	29,3	62,2	139,8	113,6	73,5	14,8	5,9	16,7
1988-1989	0	31,2	109,2	0	35	77,2	0	61,5	0
1989-1990	0	33,1	0	53,2	53,5	36,7	49,3	34,8	10,5
1990-1991	1	11	22,9	73	3,5	80,9	93,4	8,5	3
1991-1992	26,5	84,6	4	13,3	3,5	29,2	33,9	55,1	0
1992-1993	0	19	15,5	2,3	10,2	17,5	56,1	14,5	6,3
1993-1994	4	34,5	102,3	19,5	44,5	73,6	25	0,6	4,7
1994-1995	2	33	13	0	0,5	32	6	39,5	2,5
1995-1996	3	17,6	43,2	74,2	176	28,7	74,7	1,7	41,5
1996-1997	7,6	8	37	231,8	74,1	1	17,8	58,8	0
1997-1998	25,8	33,5	76,9	103,5	36,2	44,7	8,5	8,1	0
1998-1999	0	18	0	68,1	54,2	23,1	26	0	21
1999-2000	4,8	50,5	36	33,3	0	0	0	41,6	10,5
2000-2001	6	24,7	13,4	98,8	66,5	0	0	0	10
2001-2002	22	1	16,3	146,9	0	4	60,8	52,4	4,7
2002-2003	0	37,1	189,1	29,2	35,8	22,2	29,3	20,9	2,5
2003-2004	0,6	71,9	81,6	65,8	0	35,2	36,3	48,8	44,3
2004-2005	0	86,1	44,4	36	4	15,2	16,2	0	0
2005-2006	2,2	8,6	58,6	46,4	95,2	55,4	36	26,8	4,6
2006-2007	7	28,6	15,4	8,8	13,2	44,8	8,6	33,6	0
2007-2008	0,4	21,3	84,2	30,5	45,3	22,5	8,4	10,2	7,4
2008-2009	44,6	78,2	75,7	68,3	64,6	73,3	53,7	6,8	7,4
2009-2010	25,6	12,1	12	164,2	99,6	151,3	78,4	7,2	5,3
<b>MOYENNE</b>	<b>7,56</b>	<b>30,06</b>	<b>49,64</b>	<b>60,45</b>	<b>47,91</b>	<b>43,94</b>	<b>30,66</b>	<b>23,79</b>	<b>9,13</b>

La moyenne annuelle est d'un niveau relativement faible, elle varie entre 56,02mm (décembre) et 6,71mm (septembre).

### 2.1.3 Khouribga

**Tableau n° 18 : Données pluviométriques mensuelles – Khouribga**

ANNÉE	MOIS								
	SEPT	OCT	NOV	DÉC	JAN	FÉV	MAR	AVR	MAI
1984-1985	0	0	52	19	158	40	3	17	18
1985-1986	1,2	2,6	29	27,9	43	86,4	29,2	36,9	0,3
1986-1987	1	10,6	31,5	6,7	64,1	93,2	7,2	12,3	6,9
1987-1988	17,6	11,5	53	211	52,9	66	35	2,6	9,4
1988-1989	5	25	76	3	21	51	55	67	0
1989-1990	2	32	95	55	37	0	72	44	27
1990-1991	8	17	16	92	2	80	128	35	0
1991-1992	27	58	3,6	14	0	29,5	26,2	60,4	13,7
1992-1993	1	19,4	19,1	26,9	28,3	32,2	71,3	31	9,4
1993-1994	0	53,1	172,4	21,7	41	88,6	44,2	0	17,3
1994-1995	1	17,7	15,6	0	0	40,5	29,6	128,5	0,3
1995-1996	16,9	2,7	34,4	127,4	286,5	26	87,2	16,1	49,1
1996-1997	22,5	23,1	55,7	206,4	99,2	0	51,1	98,7	10,4
1997-1998	12,1	22,1	54,1	98	24,9	100,8	19,7	20,6	3,6
1998-1999	8,1	2,1	0	74,7	97,8	40,4	18,2	2,1	11,6
1999-2000	4	58,9	25,6	57,1	23,9	0	0,4	38,7	6,1
2000-2001	2,9	20,8	8,9	113,4	65,1	4,2	13	2	8,3
2001-2002	0,4	0,2	24,9	147,9	0	3,4	58,7	42,3	8,3
2002-2003	0	25,6	137,6	24	41,1	31	88,7	29,9	17,4
2003-2004	0	40,2	86,2	86,3	4,1	37,9	36,9	22,6	28,8
2004-2005	0,1	53,8	40,2	47,2	1,4	54,3	17,4	0	0
2005-2006	0,4	15,4	60,4	0	123	83,3	27,8	21,1	31,3
2006-2007	5,1	12,6	12,2	6,1	11,2	30,4	54,1	54,1	25,3
2007-2008	0	25,7	68,5	18,1	36	31,1	9,3	5,7	3
2008-2009	35,8	47,5	72	59,9	54	105,7	57,7	3,8	8,8
2009-2010	78,9	6	8,2	135,7	119,8	126,9	75,6	0,4	14,1
<b>MOYENNE</b>	<b>9,65</b>	<b>23,22</b>	<b>48,16</b>	<b>64,59</b>	<b>55,21</b>	<b>49,34</b>	<b>42,94</b>	<b>30,49</b>	<b>12,63</b>

Khouribga, à l'instar d'El Jadida, est dans la même configuration que celle de Settat avec des moyennes respectives de 64,59mm- 9,65mm et 81, 03mm- 6,98mm.

## 2.1.4 El Jadida

**Tableau n° 19 : Données pluviométriques mensuelles - El Jadida**

ANNÉE	MOIS								
	SEPT	OCT	NOV	DÉC	JAN	FÉV	MAR	AVR	MAI
1984-1985	2	9	196	24	129	51	9	26	20
1985-1986	0	0	78,8	38,5	53,3	167,1	37,4	34,1	0
1986-1987	1	14	54,2	10,8	67	96	27	23	0
1987-1988	5	52,7	105,1	79	129,9	43	21	7,7	21,3
1988-1989	0	29	128	6	58	54	31	57	11
1989-1990	0	17	165	110	51	0	19	47	23
1990-1991	0	33	28	123	9	104	78	33	0
1991-1992	34	151	4,7	6,1	0,3	13,6	24,8	38,5	3,4
1992-1993	6,4	26,6	5,7	27,4	17,6	12,5	49,2	19,6	9,5
1993-1994	16	83,9	138,1	7,7	65,7	68,6	3,6	16,9	9,2
1994-1995	1,9	4,6	23,4	11	17,2	34,8	21,8	23,2	0
1995-1996	0,3	7,9	71,9	151,2	347,8	46,4	51,3	21	53,5
1996-1997	1,2	3,4	111,5	319	107,1	2,6	21,7	88,5	0
1997-1998	16,1	35,2	70,9	93,5	34	44,4	26,3	9,4	11
1998-1999	1,7	15,7	0,3	124,9	79,7	61,3	31,1	19,9	25,3
1999-2000	20,4	89,7	42,4	39,7	35,7	0	1	36,8	9,2
2000-2001	7,3	60	17,7	130,4	51,7	6,7	19,7	3	4,2
2001-2002	10,5	10,5	15,8	164,5	1,5	15,4	80,9	25,8	1,8
2002-2003	0	48,1	233,2	65,9	24,4	48,2	53,4	19,9	1,7
2003-2004	0	88,9	81,2	138,8	5,2	52,8	61,6	53,5	51,5
2004-2005	0	83,3	33,2	76,2	5,4	33	15,2	0	0,3
2005-2006	0	10,4	72	43,3	132,8	64,8	33,8	26,4	5,6
2006-2007	7	44,6	52,9	38,6	19	46,7	23,5	52,4	4,3
2007-2008	0,3	22,2	86,6	60,4	64,4	23,5	22,9	19,2	32,3
2008-2009	27,4	77,2	100,1	69,9	98,8	110,1	63,6	8,5	7,2
2009-2010	22,9	16,2	22,8	147	79,4	123,3	28,9	2,2	0,4
<b>MOYENNE</b>	<b>6,98</b>	<b>39,77</b>	<b>74,60</b>	<b>81,03</b>	<b>64,80</b>	<b>50,92</b>	<b>32,95</b>	<b>27,40</b>	<b>11,76</b>

## 2.2.2 Calcul du SPI

La méthode de calcul du SPI qui a fait l'objet de la première partie de ce chapitre, est à la base de l'application informatique. Sa mise en œuvre nécessite dans un premier temps la

détermination, par référence aux données pluviométriques, des cumuls de précipitations de 2 mois, de 3 mois, de 4 mois, de 5 mois, de 6 mois, de 7 mois, de 8 mois et de 9 mois, et ce pour toutes les campagnes considérées (1984-1985 jusqu'à 2009-2010).

Il convient de rappeler que :

i) les combinaisons possibles de périodes temporaires considérées sont les suivantes:

- ✓ Les neuf périodes d'un mois : sept. oct. nov.etc.
- ✓ Les huit périodes de 2 mois consécutifs: sept-oct., oct.-nov., etc.
- ✓ Les sept périodes de 3 mois consécutifs: sept-nov., oct.-déc., etc.
- ✓ Les six périodes de 4 mois consécutifs: sept-déc., oct.-jan, etc.
- ✓ ...
- ✓ Toute la période: sept-mai.

ii) L'estimation des valeurs du SPI, porte sur un total de 45 intervalles temporaires différents par zone d'étude, et ce en vue d'identifier les périodes vulnérables qui représentent une importante corrélation avec les rendements et de calculer les probabilités d'occurrence de la sécheresse dans ses différents degrés d'intensité (sécheresse modérée, sévère ou extrême).

Il y a lieu de préciser que les données pour chaque période temporaire choisie entre 1984-1985 et 2009-2010, ont fait l'objet d'une modélisation par la loi Gamma.

Les paramètres de la loi (alpha et bêta) sont estimés par la méthode de maximum de vraisemblance, et ce pour chaque échelle temporelle.

Ainsi, l'estimation de ces paramètres est comme suit :

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}}$$

où

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum_{i=1}^{26} \ln(x_i)}{26}$$

26 : nombre d'observation sur la période considérée (1984 – 1985 ; 2009 – 2010).

Ces paramètres sont utilisés pour déterminer la fonction de distribution Gamma pour chaque observation de précipitation pour chaque période temporelle.

Cette fonction de distribution est donnée par l'expression suivante :

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-x/\hat{\beta}} dx$$

Où la fonction de densité Gamma est donnée par :

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}, \text{ pour } x > 0, \alpha > 0, \beta > 0$$

$$\text{et } \Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy$$

La fonction utilisée en Excel pour calculer la valeur de  $G(x)$  est:

$LOI.GAMMA(x; \alpha; \beta; VRAI)$

La valeur du SPI est donnée par l'expression suivante :

$$SPI = - \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \quad \text{pour } 0 < G(x) \leq 0.5$$

$$SPI = + \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \quad \text{pour } 0.5 < G(x) < 1$$

où

$$t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{(G(x))^2} \right)}, \quad \text{pour } 0 < G(x) \leq 0.5$$

$$t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{(1 - G(x))^2} \right)}, \quad \text{pour } 0.5 < G(x) < 1$$

$$c_0 = 2.515517$$

$$c_1 = 0.802853$$

$$c_2 = 0.010328$$

$$d_0 = 1.432788$$

$$d_1 = 0.189269$$

$$d_2 = 0.001308$$

### 2.2.3 Les résultats

Les formules de calcul et les valeurs trouvées du SPI sont transcrites dans les fichiers Excel par zone d'étude.

Au niveau de chaque fichier Excel, la première feuille reprend les données de précipitations de la zone et leurs cumuls. La deuxième feuille fait appel à la technique des tableaux croisés dynamiques. Les autres feuilles reprennent le calcul du SPI d'un mois, de 2 mois, de 3 mois, ..., de 9 mois, et ce pour les 45 cas possibles.

Un fichier complétant ces développements figure dans le CD accompagnant cette étude. Ainsi, avec l'ensemble de ces éléments un initié à l'informatique est en mesure de manier cette application. C'est d'ailleurs le critère de simplicité qui a présidé au choix de cette dernière notre souci étant d'assurer les conditions de réussite de l'assurance indexée basée sur le SPI et de la rendre plus attrayante.

En conclusion, l'assurance basée sur le SPI présente des avantages indéniables et ouvrent des perspectives pour un traitement plus efficace des aléas climatiques et plus particulièrement du phénomène de la sécheresse. Nombreuses sont les études qui lui ont été consacrées. Des pays de par le monde l'ont adopté. Quid du Maroc ? Des chercheurs marocains se sont intéressés à la question à l'instar d'Aghrab dont le travail fait autorité (cf bibliographie). L'Etat et les compagnies d'assurances n'ont pour le moment manifesté aucun intérêt pour ce produit et dire que la sécheresse est devenue depuis le début des années 80 du siècle dernier

*une variable structurelle qui peut se révéler une niche pour le secteur des assurances. L'Etat continu à s'appuyer sur un système de garantie couteux qui a démontré ses limites. Quant aux compagnies d'assurance, elles consacrent l'essentiel de leurs efforts pour se positionner sur le marché de voitures et dans une moindre mesure sur celui de l'assurance vie. Tant que ces deux acteurs ne sont pas persuadés de l'importance de l'assurance indexée d'une part, comme alternative au système de garantie en vigueur et d'autre part, comme créneau porteur qui mérite d'être développé, ce produit n'aura quasiment aucune chance de pénétrer le marché local. C'est pourquoi la démarche retenue est une démarche pédagogique qui consiste à démontrer l'intérêt pour le Maroc d'opter pour l'assurance indexée et à persuader les concernés (agriculteurs, compagnies d'assurances et Etat notamment) de l'importance de cet instrument dans la lutte contre la sécheresse. Les deux premiers chapitres de la présente étude relèvent du premier objectif. Le troisième qui est une démonstration de la faisabilité de ce produit et de son adaptation au contexte marocain, vise à convaincre les uns et les autres de la pertinence, de l'efficacité et de l'efficience de l'indexation dans le domaine de l'assurance destinée à couvrir les risques des aléas climatiques.*

### ***Chapitre 3 : Application de la méthodologie d'étude aux régions choisies et évaluation économique***

## **Introduction**

*Les avantages de cet indice énumérés au niveau du premier chapitre, en plus des expériences relatées, montrent, on ne peut plus clairement, que cette méthode est de nature à promouvoir la culture de l'assurance dédiée aux catastrophes naturelles d'une manière générale et à la sécheresse en particulier.*

*Elle offre à l'assuré (le paysan) comme à l'assureur (compagnies d'assurances) la possibilité de mieux gérer le risque sécheresse dans des conditions optimales. En effet, l'indice SPI, basé sur les précipitations uniquement, peut être à la base d'une assurance indexée répondant aux attentes des uns et aux préoccupations des autres.*

*Dans ce cadre, le présent chapitre se veut un chapitre pratique dédié à l'application de l'indice SPI au Maroc avec l'espoir de promouvoir l'assurance qui en découle et d'en faire connaître ses bienfaits pour une agriculture soumise à une sécheresse occurrente.*

*L'application de cet indice est limitée à quatre régions d'agriculture pluviale situées dans les zones agro climatiques dites de bon favorable pour Meknès ou intermédiaire, en l'occurrence Settat, Khouribga et Al Jadida.*

*A la base de ce choix, une démarche qui se veut pédagogique et progressive. En fait, ce chapitre est une restitution des résultats de l'application de la méthode SPI à ces régions.*

### **3.1 Restitution des résultats**

*Les résultats obtenus ont permis de déterminer le profil de risque pour chacune des quatre régions.*

*Nous avons mené une étude détaillée de la variabilité pluviométrique pour un total de 45 intervalles temporaires différents, ce qui permet de détecter les périodes qui gardent une plus haute corrélation avec les rendements obtenus.*

*Les calculs du SPI sont effectués par une application informatique développée sur Excel par le Centre Africain des Risques Catastrophiques (CARC). Les résultats obtenus sont testés par le logiciel développé par le « Climate Colorado Centre ».*

#### **3.1.1 Restitution des données de Pluviométrie**

*Les tableaux numéros 16, 17, 18 et 19 ci-dessus retracent les données pluviométriques considérées pour l'étude (période septembre-mai).*

#### **3.1.2 Calcul du SPI**

*Les résultats obtenus par le calcul du SPI figurent en annexe I ; ceux relatifs aux précipitations mensuelles et celles accumulées des mois de la période vulnérable établie dans chaque province, se présentent ainsi:*

**Tableau n°20 : Valeurs SPI obtenus avec données pluviométriques mensuelles à Meknès**

<b>Année</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>	<b>Janv</b>	<b>Févr</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>
1984-1985	0,10	-1,42	0,82	-1,03	0,54	-0,16	-0,82	0,86	0,63
1985-1986	1,23	-1,43	0,66	0,35	1,00	1,05	0,49	0,79	-2,02
1986-1987	-0,42	-1,01	0,00	-0,59	0,89	1,08	-1,09	0,01	-0,37
1987-1988	0,05	-0,57	0,97	0,47	0,81	0,47	-0,51	-0,23	0,91
1988-1989	-1,08	0,94	0,38	-1,12	0,06	0,39	0,41	1,27	0,01
1989-1990	-0,25	1,09	0,80	1,25	0,16	-2,46	0,59	0,94	1,27
1990-1991	0,14	-0,37	0,64	0,55	-0,73	1,02	1,81	-0,45	-2,37
1991-1992	1,21	-0,10	-0,65	-0,80	-2,43	0,49	1,20	0,68	0,37
1992-1993	-0,98	0,14	-0,59	-0,57	-0,46	-0,26	0,97	0,45	0,64
1993-1994	-1,20	0,13	0,95	-0,69	0,48	1,15	-0,39	-1,56	0,30
1994-1995	0,46	1,43	-1,01	-3,01	-1,17	0,19	-0,42	0,39	-0,70
1995-1996	0,38	-0,87	-0,19	0,58	1,59	0,69	1,45	0,07	1,65
1996-1997	1,01	-0,08	-0,62	1,89	0,83	-2,46	-1,96	0,97	0,33
1997-1998	1,59	-0,53	0,92	0,72	0,13	0,34	-0,72	-0,10	1,49
1998-1999	0,76	-1,31	-3,35	0,14	0,61	-0,01	0,19	-2,31	-0,76
1999-2000	-0,24	1,11	-0,14	0,01	-0,22	-2,46	-2,02	0,69	0,26
2000-2001	0,10	0,64	-0,30	0,86	0,47	-0,29	-0,99	-1,59	0,18
2001-2002	-0,44	-1,32	-1,52	0,59	-1,98	-0,85	0,86	1,06	0,39
2002-2003	-1,77	0,50	1,69	-0,17	0,68	-0,04	0,45	0,65	-0,40
2003-2004	-1,77	1,08	0,41	1,07	-1,98	0,02	-0,26	-0,09	1,08
2004-2005	-1,25	1,63	-0,21	0,04	-1,27	0,30	-0,82	-2,15	-1,92
2005-2006	-1,05	0,18	1,02	-0,05	0,86	0,86	0,49	-0,76	1,10
2006-2007	-0,12	-0,63	-0,76	-0,16	-0,23	-0,05	-0,30	1,65	-0,17
2007-2008	-0,31	0,89	-0,13	-1,68	0,26	0,20	-0,84	0,00	-0,02
2008-2009	1,01	1,47	1,09	1,00	0,83	0,92	0,68	-0,78	-1,05
2009-2010	2,22	-1,63	-0,13	0,95	1,03	1,32	1,57	0,06	-0,27

**Tableau n° 21 : Valeurs SPI obtenus avec données pluviométriques de six mois à Meknès**

<b>Année</b>	<b>Sep-fev</b>	<b>Oct-mars</b>	<b>Nov-avril</b>	<b>Dec-mai</b>
1984-1985	-0,64	-0,89	-0,27	-0,54
1985-1986	1,10	0,98	1,32	1,08
1986-1987	0,16	-0,01	0,12	0,09
1987-1988	0,61	0,51	0,50	0,36
1988-1989	-0,45	-0,24	0,04	-0,10
1989-1990	0,59	0,79	0,78	0,89
1990-1991	0,30	0,97	0,88	0,58
1991-1992	-1,02	-0,89	-0,57	-0,28
1992-1993	-1,73	-1,10	-0,96	-0,60
1993-1994	0,50	0,48	0,19	-0,19
1994-1995	-1,16	-1,45	-2,01	-1,94
1995-1996	1,02	1,44	1,49	2,09
1996-1997	1,02	0,59	0,89	1,19
1997-1998	0,74	0,14	0,17	0,29
1998-1999	-0,75	-0,91	-1,01	-0,72
1999-2000	-0,88	-1,26	-1,38	-1,36
2000-2001	0,10	-0,13	-0,62	-0,50
2001-2002	-1,90	-1,35	-0,53	-0,09
2002-2003	0,58	0,78	0,82	-0,10
2003-2004	0,13	0,14	-0,26	-0,09
2004-2005	-0,40	-0,53	-1,65	-1,97
2005-2006	0,73	0,94	0,71	0,64
2006-2007	-1,47	-1,57	-0,34	-0,15
2007-2008	-0,75	-0,95	-1,31	-1,38
2008-2009	1,84	1,89	1,34	0,93
2009-2010	1,74	1,63	1,72	1,86

**Tableau n°22: Valeurs SPI obtenus avec données pluviométriques mensuelles à Settat**

<b>Année</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>	<b>Janv</b>	<b>Févr</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>
1984-1985	-1,12	-0,58	1,26	-0,30	1,28	0,55	-0,85	0,28	1,39
1985-1986	-1,12	-2,50	0,40	-0,16	0,42	0,93	0,11	1,05	-1,43
1986-1987	-1,12	-2,50	0,13	-0,70	0,40	0,75	0,58	-0,04	0,29
1987-1988	0,90	0,34	0,55	1,21	1,18	0,85	-0,15	-0,49	0,93
1988-1989	-1,12	0,39	1,14	-2,46	0,22	0,90	-2,25	1,30	-1,43
1989-1990	-1,12	0,45	-2,55	0,28	0,52	0,20	0,82	0,73	0,56
1990-1991	-0,43	-0,43	-0,25	0,55	-0,93	0,95	1,53	-0,29	-0,19
1991-1992	1,48	1,50	-1,24	-0,64	-0,93	0,01	0,48	1,18	-1,43
1992-1993	-1,12	-0,03	-0,51	-1,45	-0,47	-0,35	0,95	0,05	0,22
1993-1994	0,16	0,49	1,07	-0,42	0,39	0,85	0,23	-1,47	0,05
1994-1995	-0,16	0,45	-0,62	-2,46	-1,57	0,09	-0,69	0,85	-0,28
1995-1996	0,02	-0,09	0,23	0,57	1,65	0,00	1,26	-1,08	1,86
1996-1997	0,52	-0,64	0,10	1,84	0,79	-1,78	-0,03	1,25	-1,43
1997-1998	1,46	0,46	0,76	0,89	0,25	0,37	-0,50	-0,32	-1,43
1998-1999	-1,12	-0,07	-2,55	0,49	0,53	-0,16	0,26	-2,03	1,13
1999-2000	0,26	0,88	0,08	-0,07	-2,00	-2,54	-2,25	0,90	0,56
2000-2001	0,38	0,19	-0,60	0,84	0,70	-2,54	-2,25	-2,03	0,53
2001-2002	1,31	-1,68	-0,48	1,26	-2,00	-1,19	1,04	1,13	0,05
2002-2003	-1,12	0,56	1,85	-0,16	0,24	-0,19	0,35	0,31	-0,28
2003-2004	-0,61	1,29	0,82	0,46	-2,00	0,16	0,54	1,06	1,94
2004-2005	-1,12	1,52	0,25	-0,01	-0,88	-0,45	-0,09	-2,03	-1,43
2005-2006	-0,12	-0,59	0,50	0,17	1,01	0,57	0,53	0,51	0,04
2006-2007	0,47	0,31	-0,51	-0,86	-0,34	0,37	-0,49	0,70	-1,43
2007-2008	-0,73	0,06	0,85	-0,13	0,40	-0,18	-0,51	-0,18	0,32
2008-2009	2,04	1,40	0,74	0,49	0,67	1,11	0,91	-0,42	0,32
2009-2010	1,45	-0,36	-0,66	1,40	1,05	1,72	1,32	-0,38	0,12

**Tableau n°23: Valeurs SPI obtenus avec données pluviométriques de six mois à Settat**

<b>Année</b>	<b>Sep-fev</b>	<b>Oct-mars</b>	<b>Nov-avril</b>	<b>Dec-mai</b>
1984-1985	0,90	0,74	0,86	0,51
1985-1986	-0,17	-0,19	0,31	0,24
1986-1987	-0,67	-0,49	-0,28	-0,19
1987-1988	1,56	1,42	1,28	1,33
1988-1989	0,25	0,03	0,35	-0,28
1989-1990	-0,50	-0,23	-0,14	0,36
1990-1991	-0,33	0,31	0,35	0,57
1991-1992	-0,68	-0,86	-1,13	-0,74
1992-1993	-2,23	-1,51	-1,45	-1,14
1993-1994	0,47	0,44	0,21	-0,34
1994-1995	-1,89	-2,14	-1,87	-1,59
1995-1996	0,97	1,29	1,20	1,55
1996-1997	1,09	0,98	1,35	1,46
1997-1998	0,80	0,47	0,31	0,01
1998-1999	-0,65	-0,61	-0,72	-0,08
1999-2000	-1,16	-1,53	-1,53	-1,50
2000-2001	-0,16	-0,46	-0,64	-0,26
2001-2002	-0,35	-0,20	0,33	0,62
2002-2003	0,75	0,78	0,70	-0,68
2003-2004	0,27	0,37	0,23	0,29
2004-2005	-0,40	-0,48	-1,46	-1,77
2005-2006	0,37	0,44	0,64	0,59
2006-2007	-1,26	-1,53	-1,33	-1,11
2007-2008	-0,21	-0,37	-0,40	-0,89
2008-2009	1,52	1,42	0,96	0,83
2009-2010	1,76	1,93	1,90	2,20

**Tableau n° 24 : Valeurs SPI obtenus avec données pluviométriques mensuelles à Khouribga**

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai
1984-1985	-1,24	-2,52	0,40	-0,43	1,37	-0,23	-1,82	0,00	0,71
1985-1986	-0,49	-1,18	-0,15	-0,20	0,27	0,91	-0,12	0,57	-1,56
1986-1987	-0,56	-0,31	-0,07	-0,96	0,56	0,98	-1,27	-0,21	-0,05
1987-1988	0,94	-0,25	0,42	1,60	0,41	0,65	0,07	-0,98	0,17
1988-1989	0,13	0,42	0,82	-1,30	-0,16	0,42	0,58	1,12	-1,93
1989-1990	-0,29	0,67	1,10	0,27	0,17	-2,34	0,93	0,72	1,11
1990-1991	0,39	0,07	-0,62	0,71	-1,17	0,83	1,80	0,53	-1,93
1991-1992	1,28	1,37	-1,54	-0,60	-2,01	-0,00	-0,22	1,02	0,47
1992-1993	-0,56	0,18	-0,49	-0,22	-0,01	0,07	0,92	0,43	0,17
1993-1994	-1,24	1,25	1,96	-0,35	0,24	0,93	0,33	-2,07	0,67
1994-1995	-0,56	0,10	-0,64	-2,37	-2,01	0,24	-0,10	1,89	-1,56
1995-1996	0,89	-1,16	0,00	1,02	2,08	-0,08	1,20	-0,04	1,83
1996-1997	1,12	0,34	0,48	1,57	0,92	-2,34	0,49	1,56	0,24
1997-1998	0,65	0,30	0,45	0,77	-0,07	1,06	-0,49	0,12	-0,45
1998-1999	0,40	-1,29	-2,99	0,52	0,90	0,24	-0,56	-1,07	0,33
1999-2000	0,02	1,39	-0,25	0,30	-0,09	-2,34	-2,81	0,61	-0,14
2000-2001	-0,13	0,25	-1,02	0,91	0,57	-1,08	-0,84	-1,09	-0,08
2001-2002	-0,86	-2,28	-0,28	1,18	-2,01	-1,17	0,66	0,69	-0,08
2002-2003	-1,24	0,44	1,61	-0,29	0,24	0,04	1,22	0,40	0,67
2003-2004	-1,24	0,92	0,98	0,65	-0,91	-0,19	0,13	0,19	1,18
2004-2005	-1,24	1,27	0,15	0,16	-1,29	0,48	-0,60	-2,07	-1,93
2005-2006	-0,86	-0,01	0,56	-2,37	1,12	0,87	-0,17	0,14	1,27
2006-2007	0,14	-0,17	-0,81	-1,00	-0,48	-0,02	0,56	0,91	1,04
2007-2008	-1,24	0,45	0,70	-0,46	0,15	-0,04	-1,09	-0,63	-0,56
2008-2009	1,55	1,11	0,76	0,34	0,43	1,12	0,64	-0,82	-0,12
2009-2010	2,50	-0,70	-1,07	1,09	1,09	1,32	1,00	-1,66	0,49

**Tableau n° 25: Valeurs SPI obtenus avec les données pluviométriques de six mois à Khouribga**

<i>Année</i>	<i>Sep-fev</i>	<i>Oct-mars</i>	<i>Nov-avril</i>	<i>Dec-mai</i>
1984-1985	0,31	0,03	0,11	0,13
1985-1986	-0,43	-0,49	-0,24	-0,18
1986-1987	-0,25	-0,54	-0,64	-0,55
1987-1988	1,35	1,24	1,18	1,16
1988-1989	-0,52	-0,35	-0,04	-0,47
1989-1990	-0,12	0,2	0,24	-0,06
1990-1991	-0,17	0,56	0,66	0,85
1991-1992	-1,12	-1,55	-1,71	-1,15
1992-1993	-1,19	-0,71	-0,71	-0,45
1993-1994	1,12	1,18	0,78	-0,3
1994-1995	-2,07	-2	-0,65	-0,45
1995-1996	1,84	2,06	2,2	2,54
1996-1997	1,32	1,28	1,79	1,78
1997-1998	0,66	0,44	0,37	0,25
1998-1999	-0,1	-0,33	-0,44	0,03
1999-2000	-0,65	-1,08	-1,53	-1,41
2000-2001	-0,17	-0,41	-0,74	-0,37
2001-2002	-0,57	-0,31	0	0,19
2002-2003	0,23	0,66	0,65	-0,09
2003-2004	0,19	0,2	-0,03	-0,26
2004-2005	-0,35	-0,53	-1,32	-1,51
2005-2006	0,42	0,36	0,35	0,42
2006-2007	-2,01	-1,63	-1,22	-0,66
2007-2008	-0,54	-0,81	-1,21	-1,8
2008-2009	1,11	1,02	0,66	0,45
2009-2010	1,74	1,52	1,5	1,82

**Tableau n°26 : Valeurs SPI obtenus avec les données pluviométriques mensuelles à El Jadida**

Année	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai
1984-1985	-0,16	-0,81	1,49	-0,81	1,05	0,37	-1,23	0,24	0,87
1985-1986	-1,16	-2,76	0,38	-0,42	0,19	1,69	0,42	0,55	-1,48
1986-1987	-0,44	-0,52	0,02	-1,37	0,38	1,00	-0,02	0,11	-1,48
1987-1988	0,30	0,63	0,69	0,27	1,06	0,22	-0,33	-0,86	0,92
1988-1989	-1,16	-0,05	0,93	-1,72	0,25	0,42	0,16	1,22	0,42
1989-1990	-1,16	-0,38	1,25	0,65	0,14	-2,59	-0,45	0,95	0,99
1990-1991	-1,16	0,17	-0,53	0,79	-1,00	1,09	1,62	0,51	-1,48
1991-1992	1,85	1,99	-1,63	-1,71	-2,38	-0,60	-0,13	0,70	-0,25
1992-1993	0,45	-0,02	-1,53	-0,71	-0,62	-0,65	0,83	-0,05	0,33
1993-1994	1,11	1,16	1,02	-1,57	0,36	0,65	-2	-0,19	0,31
1994-1995	-0,18	-1,21	-0,66	-1,35	-0,63	0,05	-0,29	0,12	-1,48
1995-1996	-0,85	-0,89	0,29	1,06	2,44	0,29	0,9	0,02	1,85
1996-1997	-0,37	-1,37	0,76	2,24	0,85	-1,45	-0,3	1,90	-1,48
1997-1998	1,11	0,23	0,27	0,46	-0,17	0,25	-0,06	-0,70	0,42
1998-1999	-0,23	-0,44	-2,78	0,81	0,54	0,54	0,16	-0,04	1,07
1999-2000	1,32	1,25	-0,20	-0,4	-0,14	-2,59	-2,87	0,64	0,31
2000-2001	0,53	0,77	-0,86	0,87	0,15	-1,0	-0,41	-1,50	-0,14
2001-2002	0,78	-0,71	-0,93	1,18	-1,81	-0,53	1,69	0,23	-0,53
2002-2003	-1,16	0,53	1,75	0,08	-0,41	0,32	0,96	-0,04	-0,56
2003-2004	-1,16	1,24	0,41	0,95	-1,28	0,40	1,2	1,13	1,81
2004-2005	-1,16	1,15	-0,40	0,23	-1,26	0,01	-0,7	-3,10	-1,17
2005-2006	-1,16	-0,72	0,29	-0,32	1,09	0,59	0,28	0,26	0,01
2006-2007	0,51	0,45	0,00	-0,42	-0,57	0,29	-0,2	1,10	-0,13
2007-2008	0,85	-0,17	0,48	-0,01	0,35	-0,24	-0,23	-0,07	1,30
2008-2009	1,61	1,06	0,64	0,14	0,76	1,16	1,26	-0,78	0,15
2009-2010	1,43	-0,41	-0,68	1,03	0,77	1,29	0,06	-1,69	-1,08

**Tableau n°27 : Valeurs SPI obtenus avec les données pluviométriques de six mois à El Jadida**

<i>Année</i>	<i>Sep-fev</i>	<i>Oct-mars</i>	<i>Nov-avril</i>	<i>Dec-mai</i>
1984-1985	0,8	0,66	0,78	0,07
1985-1986	0,28	0,36	0,63	0,62
1986-1987	-0,5	-0,5	-0,23	-0,23
1987-1988	0,82	0,74	0,49	0,41
1988-1989	-0,22	-0,18	0,17	-0,29
1989-1990	0,32	0,26	0,53	0,01
1990-1991	-0,03	0,36	0,43	0,73
1991-1992	-0,83	-1,18	-2,26	-1,91
1992-1993	-2,33	-1,95	-1,62	-1,17
1993-1994	0,59	0,3	-0,06	-0,75
1994-1995	-2,39	-2,35	-1,63	-1,56
1995-1996	2,02	2,13	2	2,49
1996-1997	1,59	1,55	1,83	1,85
1997-1998	-0,06	-0,19	-0,23	-0,28
1998-1999	-0,14	-0,12	0,05	0,7
1999-2000	-0,64	-1,09	-1,34	-1,35
2000-2001	-0,23	-0,34	-0,62	-0,31
2001-2002	-0,74	-0,32	-0,04	0,32
2002-2003	0,85	1,01	0,83	-0,33
2003-2004	0,5	0,73	0,54	0,84
2004-2005	-0,61	-0,71	-1,26	-1,25
2005-2006	0,17	0,22	0,42	0,44
2006-2007	-0,84	-0,92	-0,59	-0,61
2007-2008	-0,37	-0,4	-0,24	-0,24
2008-2009	1,25	1,29	0,87	0,8
2009-2010	0,8	0,65	0,6	0,96

### 3.1.3 Corrélation entre SPI et rendement

Les données de rendements moyens obtenus pour les céréales d'hiver les plus importants (blé dur, blé tendre et orge), pour les campagnes agricoles correspondantes dans chaque province, ainsi qu'un échantillon des résultats obtenus dans la corrélation avec les valeurs SPI dans chaque province sont restitués comme suit :

Les périodes où le SPI présente la plus haute corrélation avec les rendements sont soulignées en rouge.

**Tableau n° 28 : Rendements annuels à Meknès**

Campagne	Rendement (Q/Ha)
1984-1985	12,47
1985-1 986	22,77
1986-1987	13,30
1987-1988	24,10
1988-1989	19,87
1989-1990	16,00
1990-1 99-1	24,97
1991 -1 992	7,47
1992-1993	8,59
1993-1 994	22,20
1994-1995	5,93
1995-1996	19,87
1996-1997	9,84
1997-1998	16,23
1998-1999	7,50
1999-2000	2,00
2000-2001	15,20
2001-2002	10,46
2002-2003	21,11
2003-2004	20,85
2004-2005	14,67
2005-2006	27,77
2006-2007	7,0
2007-2008	18,7
2008-2009	24,5
2009_2010	19,1
<b>Moyenne</b>	<b>15,86</b>

**Tableau n°29 : Corrélation rendements/SPI mensuel à Meknès**

Mois									
ANNÉE	SEPT	OCT	NOV	DÉC	JAN	FÉV	MAR	AVR	MAI
1985-2010	-0,15	0,01	<b>0,69</b>	0,26	0,38	0,55	0,37	-0,26	-0,07

**Tableau n° 30 : Corrélation rendements/SPI bimensuel à Meknès**

Période de deux mois								
ANNÉE	SEPT- OCT	OCT- NOV	NOV- DEC	DÉC- JAV	JAN- FEV	FÉV- MAR	MAR- AVR	AVR- MAI
1985-2010	0,02	0,53	0,57	0,45	<b>0,62</b>	0,59	-0,05	-0,15

**Tableau n° 31 : Corrélation rendements/SPI trois mois à Meknès**

Période de trois mois							
ANNÉE	SEPT- NOV	OCT- DÉC	NOV- JAN	DÉC- FEV	JAN- MARS	FEV- AVR	MAR- MAI
1985-2010	0,53	0,52	0,62	0,62	<b>0,65</b>	0,35	0,03

**Tableau n° 32 : Corrélation rendements/SPI Quatre mois à Meknès**

Période de quatre mois						
ANNÉE	SEPT-DEC	OCT-JANV	NOV-FEV	DEC- MARS	JANV-AVR	FEV-MAI
1985-2010	0,48	0,62	<b>0,74</b>	0,63	0,48	0,40

**Tableau n° 33 : Corrélation rendements/SPI six mois à Meknès**

Période de six mois				
ANNÉE	SEP-FEV	OCT-MAR	NOV-APR	DEC-MAI
1985-2010	0,70	<b>0,78</b>	0,66	0,50

La corrélation à six mois apparaît bien comme la plus forte.

**Tableau n° 34 : Rendements annuels à Settat**

<i>Campagne</i>	<i>Rendement (Q/Ha)</i>
1980-1981	0,63
1981-1982	4,13
1982-1983	10,77
1983-1984	16,43
1984-1985	10,7
1985-1 1986	16,2
1986-1987	9,8
1987-1988	10,7
1988-1989	13,7
1989-1990	15,1
1990-1 1991	20,1
1991 -1 1992	3,2
1992-1993	1,2
1993-1 1994	20,4
1994-1995	1,2
1995-1996	22,4
1996-1997	9,8
1997-1998	16,4
1998-1999	6,5
1999-2000	0,7
2000-2001	6,6
2001-2002	11,6
2002-2003	18,3
2003-2004	15
2004-2005	4,6
2005-2006	20,3
2006-2007	3,1
2007-2008	6,4
2008-2009	22,7
2009-2010	15,6
<b>Moyenne</b>	<b>11,6</b>

**Tableau n° 35: Corrélation rendements/SPI mensuel à Settat**

Mois									
ANNÉE	SEPT	OCT	NOV	DÉC	JAN	FÉV	MAR	AVR	MAI
1985-2010	0,13	-0,14	0,37	0,36	0,44	<b>0,51</b>	0,46	-0,09	0,18

**Tableau n° 36 : Corrélation rendements/SPI bimensuel à Settat**

Période de deux mois								
ANNÉE	SEPT- OCT	OCT- NOV	NOV- DEC	DÉC- JAV	JAN- FEV	FÉV- MAR	MAR- AVR	AVR- MAI
1985-2010	-0,09	0,25	0,59	0,54	<b>0,60</b>	0,40	0,21	0,11

**Tableau n° 37 : Corrélation rendements/SPI trois mois à Settat**

Période de trois mois							
ANNÉE	SEPT- NOV	OCT- DÉC	NOV- JAN	DÉC- FEV	JAN- MARS	FEV- AVR	MAR- MAI
1985-2010	0.29	0.47	0.65	0.65	<b>0.66</b>	0.47	0.31

**Tableau n°38 : Corrélation rendements/SPI Quatre mois à Settat**

Période de quatre mois						
ANNÉE	SEPT- DEC	OCT- JANV	NOV- FEV	DEC- MARS	JANV- AVR	FEV- MAI
1985-2010	0.46	0.59	<b>0,73</b>	0,68	0,69	0,54

**Tableau n°39 : Corrélation rendements/SPI six mois à Settat**

Période de six mois				
ANNÉE	SEP-FEV	OCT-MAR	NOV-APR	DEC-MAI
1981-2007	0,70	<b>0,78</b>	0,77	0,65

Les corrélations ici sont les plus fortes.

**Tableau n°40 : Rendements annuels à Khouribga**

<i>Campagne</i>	<i>Rendement (Q/Ha)</i>
1984-1985	6,33
1985-1 986	11,27
1986-1987	2,77
1987-1988	14,00
1988-1989	11,63
1989-1990	7,27
1990-1 991	11,83
1991 -1 992	2,73
1992-1993	2,49
1993-1 994	11,20
1994-1995	1,60
1995-1996	16,00
1996-1997	8,00
1997-1998	10,80
1998-1999	6,47
1999-2000	0,07
2000-2001	0,43
2001-2002	7,33
2002-2003	12,34
2003-2004	12,03
2004-2005	3,03
2005-2006	11,62
2006-2007	0,1
2007-2008	2,5
2008-2009	18,0
2009-2010	11,0
<b>Moyenne</b>	<b>8,19</b>

**Tableau n°41 : Corrélation rendements/SPI mensuel à Khouribga**

Mois									
ANNÉE	SEPT	OCT	NOV	DÉC	JAN	FÉV	<b>MAR</b>	AVR	MAI
1985-2010	0,29	-0,10	0,43	0,29	0,35	0,40	<b>0,54</b>	-0,17	0,16

**Tableau n°42 : Corrélation rendements/SPI bimensuel à Khouribga**

Période de deux mois									
ANNÉE	SEPT- OCT	OCT- NOV	NOV- DEC	DÉC- JAN	JAN- FEV	<b>FÉV- MAR</b>	MAR- AVR	AVR- MAI	
1985-2010	0,10	0,27	0,60	0,47	0,51	<b>0,63</b>	0,25	0,01	

**Tableau n° 43 : Corrélation rendements/SPI trois mois à Khouribga**

Période de trois mois								
ANNÉE	SEPT- NOV	OCT- DÉC	NOV- JAN	DÉC- FEV	<b>JAN- MARS</b>	FEV- AVR	MAR- MAI	
1985-2010	0,41	0,53	0,62	0,608	<b>0,692</b>	0,51	0,29	

**Tableau n°44 : Corrélation rendements/SPI quatre mois à Khouribga**

Période de quatre mois						
ANNÉE	SEPT-DEC	OCT-JANV	NOV-FEV	DEC-MARS	<b>JANV-AVR</b>	FEV-MAI
1985-2010	0,55	0,61	0,74	0,70	<b>0,62</b>	0,56

**Tableau n° 45 : Corrélation rendements/SPI six mois à Khouribga**

Période de six mois				
ANNÉE	SEP-FEV	<b>OCT-MAR</b>	NOV-AVR	DEC-MAI
1985-2010	0,74	<b>0,81</b>	0,80	0,66

La corrélation la plus forte est celle d'octobre –mars suivie de très près par celle de novembre - avril.

**Tableau n° 46: Rendements annuels à El Jadida**

<i>Campagne</i>	<i>Rendement (Q/Ha)</i>
1984-1985	11,00
1985-1986	14,4
1986-1987	13,3
1987-1988	11,0
1988-1989	17,0
1989-1990	17,68
1990-1991	19,35
1991 -1992	6,13
1992-1993	6,44
1993-1994	18,79
1994-1995	9,54
1995-1996	19,62
1996-1997	14,26
1997-1998	12,23
1998-1999	13,67
1999-2000	8,12
2000-2001	15,08
2001-2002	14,08
2002-2003	19,04
2003-2004	19,39
2004-2005	9,97
2005-2006	23,07
2006-2007	8,34
2007-2008	9,1
2008-2009	22,6
2009-2010	17,4
<b>Moyenne</b>	<b>12,7</b>

**Tableau n° 47 : Corrélation rendements/SPI mensuel à El Jadida**

<i>ANNÉE</i>	<i>Mois</i>								
	<i>SEPT</i>	<i>OCT</i>	<i>NOV</i>	<i>DÉC</i>	<i>JAN</i>	<i>FÉV</i>	<b><i>MAR</i></b>	<i>AVR</i>	<i>MAI</i>
1985-2010	-0,30	-0,10	0,39	0,31	0,39	0,36	<b>0,40</b>	0,03	0,08

**Tableau n°48 : Corrélation rendements/SPI bimensuel à El Jadida**

Période de deux mois								
ANNÉE	SEPT-OCT	OCT-NOV	NOV-DEC	DÉC-JAV	JAN-FEV	FÉV-MAR	MAR-AVR	AVR-MAI
1985-2010	-0,12	0,20	<b>0,57</b>	0,52	0,55	0,50	0,29	0,06

**Tableau n°49 : Corrélation rendements/SPI trois mois à El Jadida**

Période de trois mois								
ANNÉE	SEPT-NOV	OCT-DÉC	NOV-JAN	DÉC-FEV	JAN-MARS	FEV-AVR	MAR-MAI	
1985-2010	0,19	0,43	0,61	0,627	<b>0,632</b>	0,52	0,30	

**Tableau n°04 : Corrélation rendements/SPI quatre mois à El Jadida**

Période de quatre mois						
ANNÉE	SEPT-DEC	OCT-JAN	NOV-FEV	DÉC-MARS	JAN-AVR	FEV-MAI
1985-2010	0,40	0,54	<b>0,68</b>	0,65	0,62	0,55

**Tableau n°51 : Corrélation rendements/SPI six mois à El Jadida**

Période de six mois				
ANNÉE	SEP-FEV	OCT-MAR	NOV-APR	DEC-MAI
1985-2010	0,64	<b>0,71</b>	0,70	0,63

Octobre-mars a la plus forte corrélation suivie de près par la période novembre-avril.

### 3.1.4 Les périodes vulnérables

Les périodes vulnérables par province, à la lumière de ces résultats sont résumées ci-après:

**Tableau n°52 : Périodes vulnérables par Province**

Province	Période vulnérable	Corrélation SPI/Rend
Meknès	Octobre – Mars	<b>78%</b>
Settat	Octobre – Mars	<b>78%</b>
Khouribga	Octobre – Mars	<b>81%</b>
El Jadida	Octobre – Mars	<b>71%</b>

## 3.2 Probabilité d'occurrence de la sécheresse et Profil de risque

La corrélation maximale entre le SPI et le rendement marque la période vulnérable dans chaque province. Il s'agit donc de compter le nombre d'occurrences de chacun de ces trois degrés de sécheresse à l'intérieur de cette période significative de référence.

La relation entre les cas favorables et les cas possibles donne comme résultat la probabilité de chacun des degrés de sécheresse. De cette façon on peut appréhender le profil de risque de la sécheresse dans chaque zone.

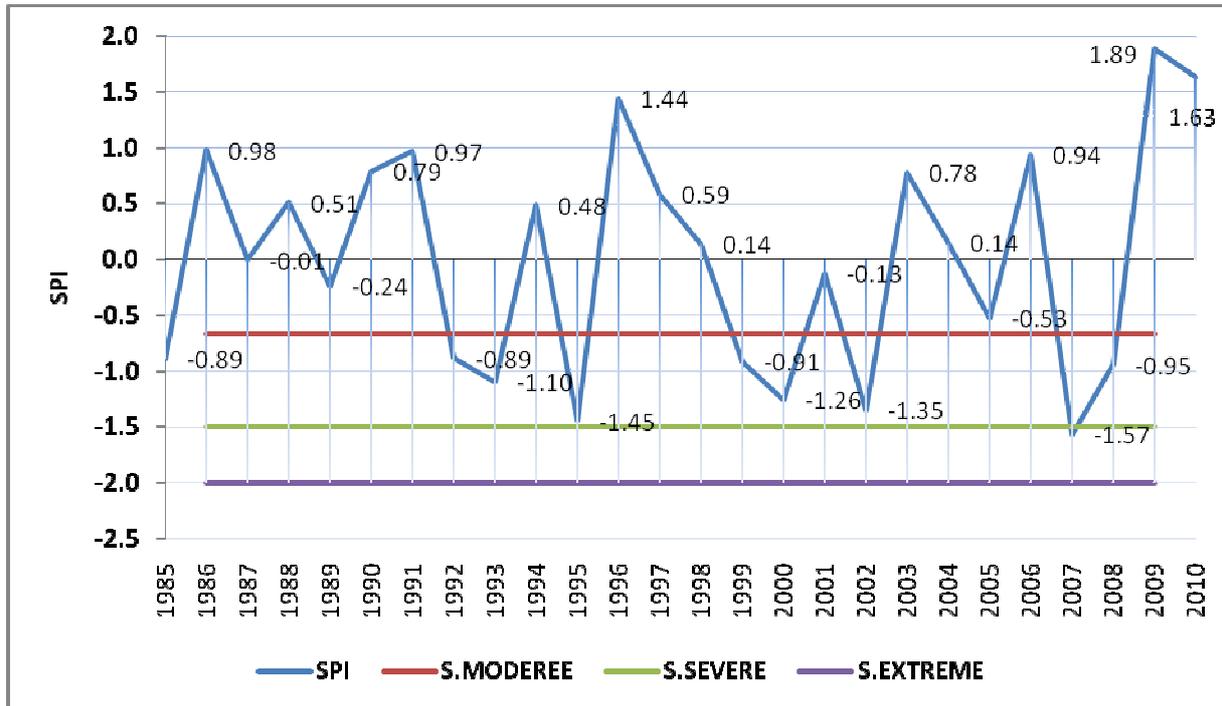
Pour la période vulnérable établie, les valeurs du SPI et la classification selon les proposées par l'assurance indexée sont les suivantes:

**Tableau n°53 : Classification selon les catégories de l'assurance indexée pour la période Oct-Mars à Meknès**

Année	Période Octobre - Mars		
	SPI		Catégorie
1984-1985	-0,89	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
1985-1986	0,98	2	
1986-1987	-0,01	-1	
1987-1988	0,51	1	
1988-1989	-0,24	-1	
1989-1990	0,79	2	
1990-1991	0,97	2	
1991-1992	-0,89	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
1992-1993	-1,10	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
1993-1994	0,48	1	
1994-1995	-1,45	-3	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
1995-1996	1,44	2	
1996-1997	0,59	1	
1997-1998	0,14	1	
1998-1999	-0,91	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
1999-2000	-1,26	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
2000-2001	-0,13	-1	
2001-2002	-1,35	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
2002-2003	0,78	2	
2003-2004	0,14	1	
2004-2005	-0,53	-1	
2005-2006	0,94	2	
2006-2007	-1,57	-3	<b>Très sèche (sécheresse sévère)</b>
2007-2008	-0,95	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
2008-2009	1,89	3	
2009-2010	1,63	3	

Ci-après quelques graphiques qui représentent les valeurs atteintes par le SPI dans les périodes vulnérables de chaque province, ainsi que les 3 seuils établis pour chaque type de sécheresse:

**Figure n° 8 : Distribution des valeurs du SPI dans la période vulnérable le long de la série historique à Meknès (OCT-MARS).**



Ci-dessous figurent les résultats obtenus et les probabilités estimées:

**Tableau n°54 : Probabilité d'occurrence de la sécheresse à Meknès**

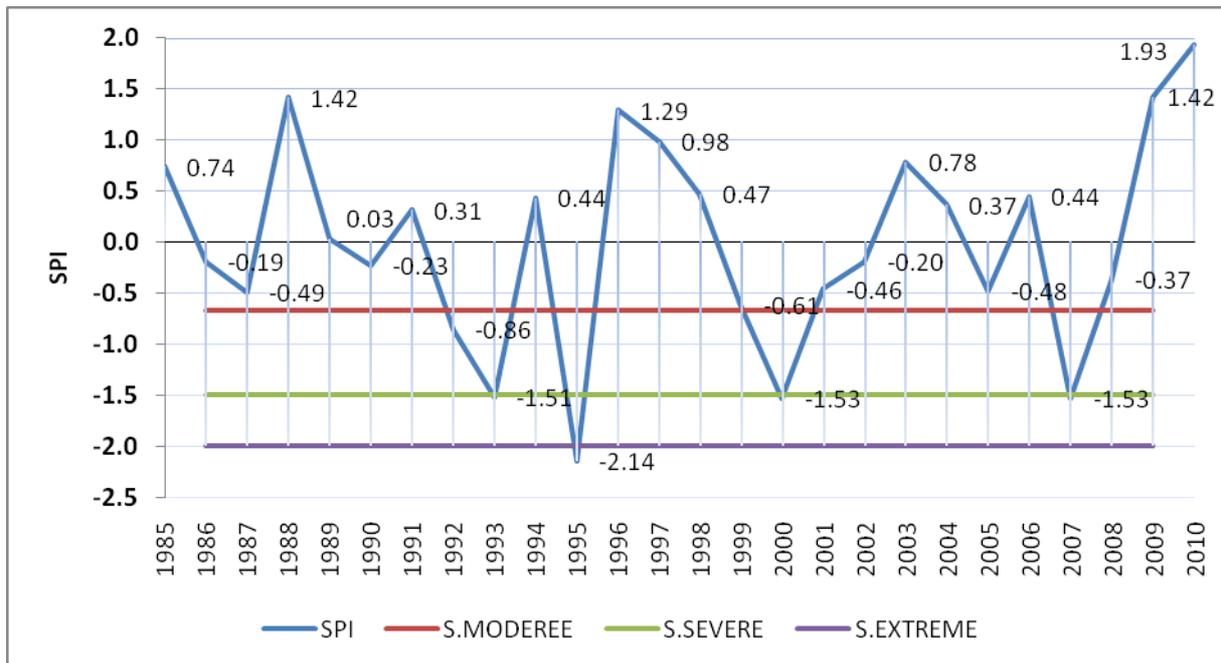
Catégories(SPI)		Nombre occurrences	Probabilité (%)
4	<i>Extrêmement humide</i>	0	0
3	<i>Très humide</i>	2	7,7
2	<i>Modérément humide</i>	6	23,1
1	<i>Normal-Légèrement humide</i>	5	19,2
-1	<i>Normal-Légèrement sèche</i>	4	15,4
-2	<i>Sécheresse modérée</i>	8	30,8
-3	<i>Sécheresse sévère</i>	1	3,8
-4	<i>Sécheresse extrême</i>	0	0
		<b>26</b>	<b>100</b>

Nous constatons que pour une zone de Bour favorable comme Meknès l'occurrence des sécheresses modérées est la plus grande.

**Tableau n°55 : Classification selon les catégories de l'assurance indexée pour la période Oct-Mars à Settat**

Année	Période Octobre - Mars		
	SPI		Catégorie
1984-1985	0,74	2	
1985-1986	-0,19	-1	
1986-1987	-0,49	-1	
1987-1988	1,42	2	
1988-1989	0,03	1	
1989-1990	-0,23	-1	
1990-1991	0,31	1	
1991-1992	-0,86	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
1992-1993	-1,51	-3	<b>Très sèche (sécheresse sévère)</b>
1993-1994	0,44	2	
1994-1995	-2,14	-4	<b>Extrêmement sèche (sécheresse extrême)</b>
1995-1996	1,29	2	
1996-1997	0,98	2	
1997-1998	0,47	1	
1998-1999	-0,61	-1	
1999-2000	-1,53	-3	<b>Très sèche (sécheresse sévère)</b>
2000-2001	-0,46	-1	
2001-2002	-0,20	-1	
2002-2003	0,78	2	
2003-2004	0,37	1	
2004-2005	-0,48	-1	
2005-2006	0,44	1	
2006-2007	-1,53	-3	<b>Très sèche (sécheresse sévère)</b>
2007-2008	-0,37	-1	
2008-2009	1,42	2	
2009-2010	1,93	3	

**Figure n° 9 : Distribution des valeurs du SPI dans la période vulnérable le long de la série historique à Settat.**



Ci-dessous figurent les résultats obtenus et les probabilités estimées:

**Tableau n° 56 : Probabilité d'occurrence de la sécheresse à Settat**

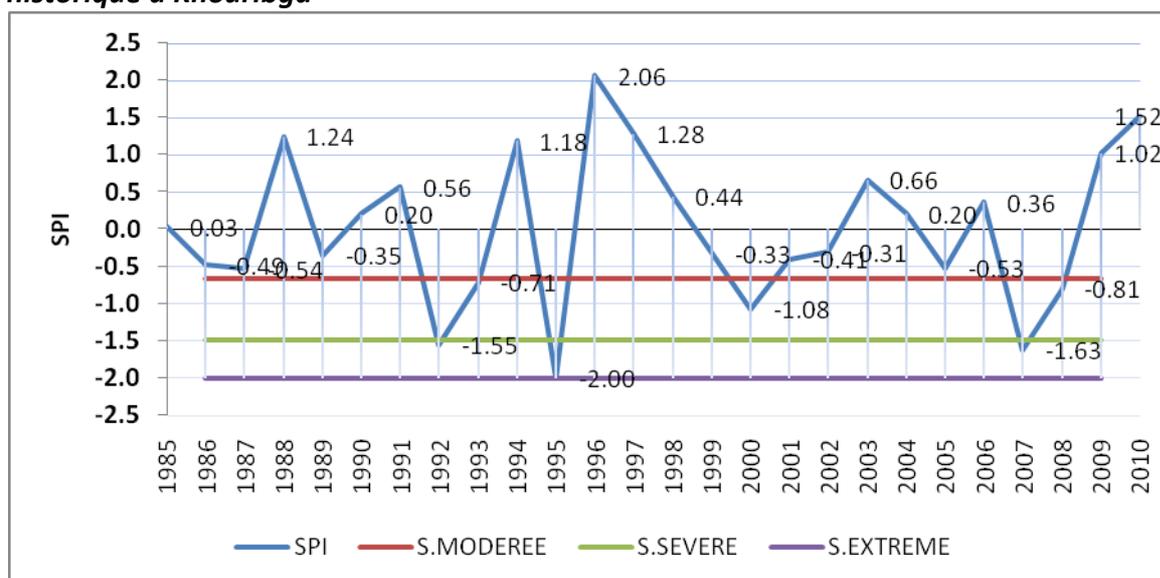
Catégories(SPI)		Nombre occurrences	Probabilité (%)
4	<i>Extrêmement humide</i>	0	0
3	<i>Très humide</i>	1	3,8
2	<i>Modérément humide</i>	7	26,9
1	<i>Légèrement humide</i>	5	19,2
-1	<i>Normal-Légèrement sèche</i>	8	30,8
-2	<b>Sécheresse modérée</b>	<b>1</b>	<b>3,8</b>
-3	<b>Sécheresse sévère</b>	<b>3</b>	<b>11,5</b>
-4	<b>Sécheresse extrême</b>	<b>1</b>	<b>3,8</b>
		<b>26</b>	<b>100</b>

Les sécheresses modérées ont la plus grande occurrence dans la zone bour intermédiaire.

**Tableau n° 57: Classification selon les catégories de l'assurance indexée pour le période Octobre-Mars à Kouribga**

Année	Période Octobre - Mars		
	SPI		Catégorie
1984-1985	0,03	1	
1985-1986	-0,49	-1	
1986-1987	-0,54	-1	
1987-1988	1,24	2	
1988-1989	-0,35	-1	
1989-1990	0,2	1	
1990-1991	0,56	1	
1991-1992	-1,55	-3	<b>Très sèche (sécheresse sévère)</b>
1992-1993	-0,71	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
1993-1994	1,18	2	
1994-1995	-2	-4	<b>Extrêmement sèche (sécheresse extrême)</b>
1995-1996	2,06	4	
1996-1997	1,28	2	
1997-1998	0,44	1	
1998-1999	-0,33	-1	
1999-2000	-1,08	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
2000-2001	-0,41	-1	
2001-2002	-0,31	-1	
2002-2003	0,66	2	
2003-2004	0,2	1	
2004-2005	-0,53	-1	
2005-2006	0,36	1	
2006-2007	-1,63	-3	<b>Très sèche (sécheresse sévère)</b>
2007-2008	-0,81	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
2008-2009	1,02	2	
2009-2010	1,52	3	

**Figure n° 10 : Distribution des valeurs du SPI dans la période vulnérable le long de la série historique à Khouribga**



Quant aux résultats obtenus et aux probabilités estimées, ils se présentent ainsi:

**Tableau n°58 : Probabilité d'occurrence de la sécheresse à Khouribga**

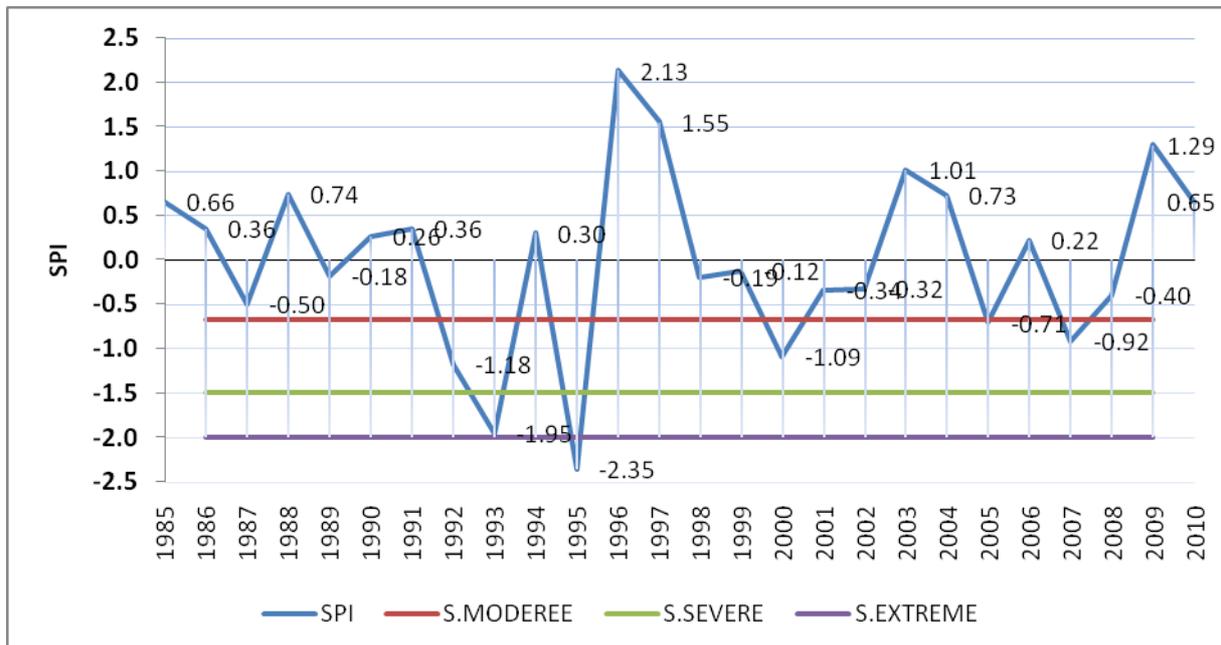
Catégories(SPI)		Nombre occurrences	Probabilité (%)
4	<i>Extrêmement humide</i>	1	3.8
3	<i>Très humide</i>	1	3.8
2	<i>Modérément humide</i>	5	19.2
1	<i>Légèrement humide</i>	6	24
-1	<i>Normal-Légèrement sèche</i>	7	27
-2	<i>Sécheresse modérée</i>	3	11.5
-3	<i>Sécheresse sévère</i>	2	7.7
-4	<i>Sécheresse extrême</i>	1	3.8
		<b>26</b>	<b>100</b>

Pour une zone Bour intermédiaire comme Khouribga, la sécheresse sévère a la plus grande occurrence.

**Tableau n°59 : Classification selon les catégories de l'assurance indexée pour le période Nov-Fev à El Jadida**

Année	Période Octobre – Mars		
	SPI		Catégorie
1984-1985	0,66	1	
1985-1986	0,36	1	
1986-1987	-0,5	-1	
1987-1988	0,74	2	
1988-1989	-0,18	-1	
1989-1990	0,26	1	
1990-1991	0,36	1	
1991-1992	-1,18	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
1992-1993	-1,95	-3	<b>Très sèche (sécheresse sévère)</b>
1993-1994	0,3	1	
1994-1995	-2,35	-4	<b>Extrêmement sèche (sécheresse extrême)</b>
1995-1996	2,13	4	
1996-1997	1,55	3	
1997-1998	-0,19	-1	
1998-1999	-0,12	-1	
1999-2000	-1,09	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
2000-2001	-0,34	-1	
2001-2002	-0,32	-1	
2002-2003	1,01	2	
2003-2004	0,73	2	
2004-2005	-0,71	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
2005-2006	0,22	1	
2006-2007	-0,92	-2	<b>Modérément sèche (sécheresse modérée)</b>
2007-2008	-0,4	-1	
2008-2009	1,29	2	
2009-2010	0,65	1	

**Figure n° 11 : Distribution des valeurs du SPI dans la période vulnérable le long de la série historique à El Jadida.**



Ci-dessous figurent les résultats obtenus et les probabilités estimées:

**Tableau n°60 : Probabilité d'occurrence de la sécheresse à El Jadida**

Catégories(SPI)		Nombre occurrences	Probabilité (%)
4	<i>Extrêmement humide</i>	1	3.8
3	<i>Très humide</i>	1	3.8
2	<i>Modérément humide</i>	4	15.4
1	<i>Légèrement humide</i>	7	27
-1	<i>Normal-Légèrement sèche</i>	7	27
-2	<i>Sécheresse modérée</i>	4	15.4
-3	<i>Sécheresse sévère</i>	1	3.8
-4	<i>Sécheresse extrême</i>	1	3.8
		<b>26</b>	<b>100</b>

### **3.3 Équation de Régression**

*En prenant de la série commune des années disponibles les valeurs du SPI de la phase critique, cette dernière présentant justement la meilleure corrélation avec les rendements moyens de céréales et, en y joignant les valeurs de rendements moyens, nous tenterons de déterminer la fonction mathématique qui s'adapte ou décrit le mieux le modèle de données actuelles.*

*Comme résultat final, nous obtenons l'équation de régression qui relie les deux variables existantes: la variable indépendante qui sera constituée par chacune des valeurs de la période choisie de l'indice SPI et la variable dépendante formée par les valeurs correspondantes de la série de rendements.*

*Il s'agit d'obtenir, à partir des valeurs obtenues du SPI dans une campagne et pour une période identifiée comme étant critique, que l'on puisse estimer par cette équation le rendement moyen atteint par chaque province et avec un niveau de confiance précis (généralement de 95%).*

#### **3.3.1 Détermination de l'équation de régression**

*La détermination de cette équation a été effectuée individuellement pour chaque province étudiée, à partir des périodes historiques de données du SPI et des rendements moyens disponibles pour chacune d'entre elles. Dans chaque cas, nous avons choisi l'équation qui s'adapte le mieux selon la méthode des moindres carrés et en évaluant celle offrant une meilleure fiabilité.*

*Cependant, nous devons signaler que les résultats obtenus pour la période d'années disponibles, n'offrent pas toutes les garanties techniques d'utilisation malgré les bons résultats statistiques. C'est pourquoi nous avons estimé qu'il convenait mieux d'utiliser les niveaux de «déclencheur» du SPI, en attendant que l'amélioration des données disponibles (augmentation des périodes, données de précipitations et de rendements par commune) permette de les utiliser.*

##### **1. Résultats de régression obtenus pour les provinces choisies:**

*Pour déterminer le modèle mathématique qui peut nous donner la meilleure équation de prévision dans chaque province, nous avons pris, comme nous l'avons dit, la série de valeurs de l'indice SPI de la combinaison présentant la meilleure corrélation avec les rendements moyens et nous l'avons jointe aux valeurs de rendements moyens.*

*En utilisant les outils statistiques, nous effectuons d'abord une analyse de régression des couples de données disponibles (distribution bidimensionnelle). Tous les tests réalisés sont représentatifs à 5%.*

*Ci-dessous est présenté un tableau visant à faire un résumé, dans lequel sont montrées les valeurs des périodes de départ et les résultats obtenus pour chacune des quatre provinces. Ces dernières sont ordonnées en fonction de leurs résultats de corrélation.*

**Tableau n° 61 : Données de départ pour le calcul de Régression et les résultats obtenus**

ANNEES	PROVINCES SELECTIONNEES							
	MEKNES		SETTAT		KHOUREBGA		EL JADIDA	
	Rdt (Q/Ha)	SPI	Rdt (Q/Ha)	SPI	Rdt (Q/Ha)	SPI	Rdt (Q/Ha)	SPI
1984-1985	12,47	-0,89	10,7	0,74	6,33	0,03	11,00	0,66
1985-1986	22,77	0,98	16,2	-0,19	11,27	-0,49	14,40	0,36
1986-1987	13,30	-0,01	9,8	-0,49	2,77	-0,54	13,30	-0,50
1987-1988	24,10	0,51	10,7	1,42	14,00	1,24	11,00	0,74
1988-1989	19,87	-0,24	13,7	0,03	11,63	-0,35	17,00	-0,18
1989-1990	16,00	0,79	15,1	-0,23	7,27	0,20	17,68	0,26
1990-1991	24,97	0,97	20,1	0,31	11,83	0,56	19,35	0,36
1991-1992	7,47	-0,89	3,2	-0,86	2,73	-1,55	6,13	-1,18
1992-1993	8,59	-1,10	1,2	-1,51	2,49	-0,71	6,44	-1,95
1993-1994	22,20	0,48	20,4	0,44	11,20	1,18	18,79	0,30
1994-1995	5,93	-1,45	1,2	-2,14	1,60	-2,00	9,54	-2,35
1995-1996	19,87	1,44	22,4	1,29	16,00	2,06	19,62	2,13
1996-1997	9,84	0,59	9,8	0,98	8,00	1,28	14,26	1,55
1997-1998	16,23	0,14	16,4	0,47	10,80	0,44	12,23	-0,19
1998-1999	7,50	-0,91	6,5	-0,61	6,47	-0,33	13,67	-0,12
1999-2000	2,00	-1,26	0,7	-1,53	0,07	-1,08	8,12	-1,09
2000-2001	15,20	-0,13	6,6	-0,46	0,43	-0,41	15,08	-0,34
2001-2002	10,46	-1,35	11,6	-0,20	7,33	-0,31	14,08	-0,32
2002-2003	21,11	0,78	18,3	0,78	12,34	0,66	19,04	1,01
2003-2004	20,85	0,14	15	0,37	12,03	0,20	19,39	0,73
2004-2005	14,67	-0,53	4,6	-0,48	3,03	-0,53	9,97	-0,71
2005-2006	27,77	0,94	20,3	0,44	11,62	0,36	23,07	0,22
2006-2007	7,00	-1,57	3,1	-1,53	0,10	-1,63	8,34	-0,92
2007-2008	18,70	-0,95	6,4	-0,37	2,50	-0,81	9,10	-0,40
2008-2009	24,50	1,89	22,7	1,42	18,00	1,02	22,60	1,29
2009-2010	19,10	1,63	15,6	1,93	11,00	1,52	17,40	0,65
RESULTATS STATISTIQUES								
STATISTIQUES	SPI		SPI		SPI		SPI	
Coefficient de régression	0,78		0,78		0,81		0,71	
Coefficient Détermination	0,615		0,602		0,654		0,497	
Valeur de l'erreur-typique	4,397		4,485		3,137		3,532	
L'essai F	38,393		36,231		45,393		23,722	
Valeur critique de F	0		0		0		0	
Observations	26		26		26		26	
Les coefficients qui définissent la courbe de régression								
Ordonnées à l'origine	15,864		11,623		7,800		14,253	
Coefficient directeur	5,337		5,296		4,144		3,374	
Equation	RDT=5,337 SPI +15,864		RDT=5,296 SPI +11,632		RDT=4,144 SPI +7,800		RDT=3,374 SPI +14,253	

### 3.3.2 Évaluation de la justesse de l'ajustement

**Tableau n°62 : Statistiques de la régression**

<i>Statistiques de la régression</i>	
<i>Coefficient de corrélation</i>	<i>C'est d'autant mieux il se rapproche de 1; mais c'est acceptable quand il dépasse 0,497</i>
<i>Coefficient de détermination R2</i>	<i>Donne une idée sur comment est la variable dépendante par rapport à celle qui est indépendante. Ici, cela nous indique quelle est la part de la variation qui peut être attribuée au SPI dans chaque cas.</i>
<i>Erreur typique</i>	<i>Valeur moyenne de la dispersion des données réelles par rapport à la droite de régression</i>
<i>Test F</i>	<i>C'est un des tests servant à rejeter l'hypothèse nulle. Il nous indique le bien-fondé de la corrélation. Elle doit être toujours au-dessus de la valeur critique et généralement de 4.</i>
<i>Valeur critique de F</i>	<i>Elle nous indique la valeur de F dans laquelle les résultats obtenus sont le fruit du hasard.</i>

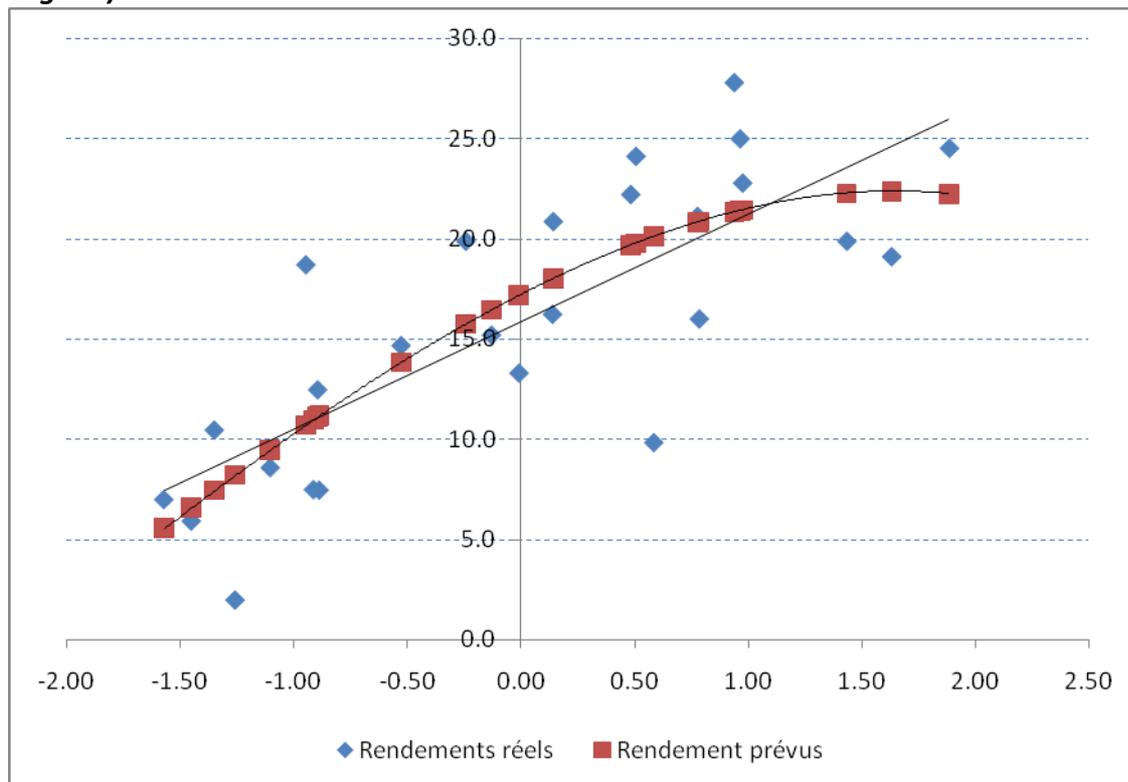
*Parmi les conclusions qu'on peut tirer de l'évaluation des résultats présentés dans le tableau ci-dessus, il ya lieu de citer:*

- I- Il existe dans tous les cas une forte corrélation entre les deux variables analysées, avec des valeurs en moyenne de 77 %;*
- II- La valeur du coefficient de détermination nous indique que notre modèle nous explique le rapport de variation entre l'une et l'autre en pourcentages qui vont de 49.7% à 65.4%.Ce qui concorde avec un modèle dans lequel nous savons qu'il manque des variables qui sont en train de conditionner les résultats finaux;*
- III- Les valeurs obtenues de l'Erreur typique sont acceptables statistiquement parlant et ne touchent pas le bien-fondé du modèle. Par contre, elles ont une conséquence sur les résultats de l'assurance, étant donné que la dispersion des données fait que le nombre d'unités dans lesquelles peuvent varier les résultats prévus par rapport aux réels, entraînent des cas d'indemnisations très éloignés de la réalité (surtout dans le cas de Settat, avec la plus grande dispersion);*
- IV- Dans tous les cas, la valeur critique du test F est très en dessous de notre valeur de F, ce qui permet de rejeter l'hypothèse nulle. C'est à dire que le rapport entre les deux variables n'est pas le produit du hasard et nous pouvons, par contre, affirmer que le modèle linéaire s'ajuste bien afin de pouvoir estimer les rendements annuels à partir de l'indice SPI, avec une signification de 5%.*

### 3.3.3 Représentation graphique des tendances

*À partir de ces premiers résultats, les essais des différents modèles de tendance que fournit Excel, ont permis d'obtenir, en général, comme meilleure équation les polynomiales de degré 3. Un des cas est représenté sur le graphique suivant, à titre d'exemple.*

**Figure n°12 : Représentation d'un des cas de l'équation de régression (polynomiale de degré 3)**



Avec une équation de régression polynomiale:  $Rend = -0.175*SPI^3 - 1.321*SPI^2 + 5.782*SPI + 17.20$  ce qui donne un coefficient  $R^2 = 0,652$

Malgré cette amélioration, il vaut mieux ne pas utiliser, dans une première phase d'application de l'assurance de sécheresse, le modèle mathématique obtenu tant qu'il n'est pas amélioré en introduisant une nouvelle information mieux localisée et plus large (plus on est proche de la période des trente ans, meilleurs seront les résultats espérés).

En guise de conclusion, il convient de préciser :

- i- La corrélation SPI-Rendement pour la période Octobre-Mars, abordée dans le cadre de cette étude est suffisamment pertinente pour l'assurance ;
- ii- L'ajustement de la distribution des prévisions à la régression linéaire est bon parce que les précipitations sont la variable la plus importante. Les autres facteurs (semences, engrais, etc) ne sont pas encore d'usage assez étendu ou intensif dans la céréaliculture marocaine ;
- iii- L'utilisation du SPI est tout à fait possible pour déclencher l'indemnisation des sinistrés.

### **3.4 Estimation des primes et des indemnisations agricoles pour les quatre régions étudiées**

Cette dernière partie est consacrée à l'évaluation des aspects économiques de l'assurance indexée. Il est question aussi bien des primes de base pour chacune des provinces que de

diverses hypothèses d'implantation et de rendements qui permettent de visualiser à peu près le coût de l'assurance indexée proposée.

### 3.4.1 Valeur de la production

Pour calculer la prime de base, la première chose à faire est d'établir la valeur de la production dans chaque province étudiée. Celle-ci correspond au produit du prix unitaire / ha par la surface semée de chaque province.

Pour obtenir le prix moyen par kg, on part du prix moyen des céréales d'hiver, en considérant les prix des trois cultures en l'occurrence le blé dur, le blé tendre et l'orge.

**Tableau n°63 : Prix de céréales d'hiver campagnes 2009 à 2011**

Culture	2008/2009	2009/2010	2010/2011
	MAD/kg	MAD/kg	MAD/kg
Blé Dur	2,7	2,81	3,1
Blé Tendre	2,4	2,57	2,43
Orge	1,6	1,71	2,36
Moyenne (BD, BT, OR)	2,23	2,36	2,63

Le prix de la production est obtenu en utilisant la moyenne des rendements et des surfaces des cinq dernières années des séries de données disponibles dans chaque province.

**Tableau n°64 : Valeur de la production par province**

Province	Surface (ha) (1)	Rendement (kg/ha) (2)	Prix Production	Valeur production
			(MAD/ha) (3)= (2)*2,63	(MAD) (4)= (1)*(3)
Meknès	85 600	2 020	5 312,60	454 758 560
Settat	429 400	1 400	3 682,00	1 581 050 800
Khouribga	173 000	870	2 288,10	395 841 300
El Jadida	315 500	1 720	4 523,60	1 427 195 800

### 3.4.2 Valeur de l'indemnisation

L'établissement de la prime est basé sur le calcul de la valeur des indemnités qui auraient été payées selon le modèle proposé compte tenu de la série d'années retenues. Ainsi, au niveau de chaque province, les années sèches, tout type de sécheresse confondu, ont été multipliées par la valeur de la production de la province et par le pourcentage d'indemnisation fixé par catégories de sécheresse.

**Tableau n°65 : Indemnisations par province**

Province	Valeur production (MAD) (1)	Nombre années sécheresse			Pourcentages de compensation			Indemnisation (MAD) (8)=(1)* [(2)*(5)+(3)*(6)+(4)*(7)]
		Modérée (2)	Sévère (3)	Extrême (4)	S.Modérée (5)	S.Sévère (6)	S.Extrême (7)	
Meknès	454 758 560	8	1	0	0,25	0,5	0,75	1 136 896 400
Settat	1 581 050 800	1	3	1	0,25	0,5	0,75	4 015 869 032
Khouribga	395 841 300	3	2	1	0,25	0,5	0,75	989 603 250
El Jadida	1 427 195 800	4	1	1	0,25	0,5	0,75	3 211 190 550

### 3.4.3 Établissement de la prime de base

La prime de base résulte du rapport de l'indemnisation obtenue pour chaque province, au cours de la période étudiée, à la valeur de la production de chaque province pour la même période.

**Tableau n°66 : Prime Base par province**

Province	Surface (ha)	Valeur production assurée (MAD) (1)*26	Indemnisation (MAD)	Prime Base (%) (Ind. /V.P.)*100
Meknes	85 600	11 823 722 560	1 136 896 400	9,62
Settat	429 400	41 107 320 800	4 015 869 032	9,77
Khouribga	173 000	10 291 873 800	890 642 925	9,62
El Jadida	315 500	37 107 090 800	3 211 190 550	8,65

Ces primes découlent de l'application des seuils de sécheresse et de couvertures définis pour l'assurance indexée. Toute modification de ces seuils ou couvertures impliquerait une variation de la prime de base et donc, une modification du coût final de l'assurance et de l'estimation des subventions.

### 3.4.4 Estimation de la subvention

L'estimation du prix de la subvention vers l'assurance est définie selon les scénarios suivants:

- Implantation : 40% ou 70%
- Niveau de subvention : 40% ou 60%

**Tableau n°67 : Estimation de la subvention avec 40% d'implantation**

Provinces	Valeur production (MAD) (1)	Prime Base (%) (2)	Prix Assurance (MAD) Implantation (3)= 40%* (1)*(2)	Prix de la subvention (MAD)	
				40% *(3)	60% *(3)
Meknès	454 758 560	9,62	17 499 109	6 999 644	10 499 466
Settat	1 581 050 800	9,77	61 787 465	24 714 986	37 072 479
Khouribga	395 841 300	9,62	15 231 973	6 092 789	9 139 184
El Jadida	1 427 195 800	8,65	49 380 975	19 752 390	29 628 585
<b>Total</b>			143 899 522	57 559 809	86 339 714

**Tableau n°68 : Estimation de la subvention avec 70% d'implantation**

Provinces	Valeur production (MAD) (1)	Prime Base (%) (2)	Prix Assurance (MAD) Implantation (3)= 70%* (1)*(2)	Prix de la subvention (MAD)	
				40% *(3)	60% *(3)
Meknès	454 758 560	9,62	30 623 441	12 249 377	18 374 065
Settat	1 581 050 800	9,77	108 128 064	43 251 226	64 876 839
Khouribga	395 841 300	9,62	26 655 953	10 662 381	15 993 572
El Jadida	1 427 195 800	8,65	86 416 706	34 566 682	51 850 023
<b>Total</b>			251 824 164	100 729 666	151 094 499

## Conclusion générale

*Le contexte mondial, marqué notamment par le changement climatique et la hausse des prix des produits agricoles, a amené le Maroc à revoir sa stratégie agricole dans un sens de mise à niveau, de restructuration et de redéfinition des missions.*

*Sa nouvelle stratégie, présentée sous forme de « Plan Maroc Vert », a identifié la sécheresse comme un facteur structurel en raison de sa récurrence et de la durabilité de ses effets qui restent déterminants que se soit sur le plan social ou économique. Par conséquent, l'appréhension de ce phénomène exige de nouveaux instruments plus adaptés et plus efficaces.*

*Dans ce cadre, l'assurance indexée est mieux indiquée pour faire face à cet aléa climatique. Elle peut parfaitement s'inscrire comme élément de contribution à la réussite des objectifs ambitieux de production pour la filière des céréales qui, au demeurant, est la plus importante du secteur. En effet, les superficies emblavées en céréales forment autour de 5 millions d'hectares. Elles peuvent atteindre 75% de la SAU compte tenu de la jachère principalement liée aux systèmes de production céréalière.*

*Le système de culture est plutôt traditionnel, caractérisé par une utilisation minimale des semences sélectionnées (15%), des engrais et des pesticides.*

*La mise en place de l'assurance indexée pour la filière "céréales" peut se révéler d'une importance capitale pour :*

*i) inciter l'agriculteur à s'occuper davantage de son exploitation et le motiver pour investir en vue d'optimiser la production céréalière et assurer, en conséquence, une production minimum de 60 millions de quintaux en vue de consolider la croissance économique et contribuer ainsi à l'amélioration du niveau de cette croissance pour tendre vers un taux minimum moyen stable de 7% par an, condition nécessaire pour une dynamique économique soutenue à même de faire face au fléau du chômage.*

*ii) Alléger les dépenses budgétaires destinées à l'atténuation des effets d'une sécheresse récurrente et réallocation des dépenses ainsi économisées pour financer d'autres besoins ayant un caractère stratégique.*

*iii) Eradiquer ou, au moins, atténuer le flux de l'exode rural et alléger, par ricochet, le fardeau supporté par les villes en termes d'infrastructure et de prolifération de l'habitat insalubre notamment.*

*Une autre conclusion et non des moindres concerne la généralisation de l'assurance indexée. En effet, dans les zones d'agriculture pluviale dites de bour favorable et intermédiaire, la production des céréales est associée à l'élevage ovin en particulier. Cette association valorise les ressources fourragères issues des céréales (orge, paille, chaumes). De ce fait, l'assurance indexée est appelée à se généraliser. Néanmoins, sa généralisation éventuelle à l'élevage et à d'autres filières comme l'arboriculture, une fois celle dédiée aux céréales est suffisamment consolidée et largement répandue, nécessite des études spécifiques pour définir leurs champs et modalités particulières.*

*L'intérêt pour l'assurance indexée s'explique par la place qu'elle accorde à la pluviométrie dans le suivi de la sécheresse, facteur constituant l'élément principal dans le raisonnement et les stratégies des agriculteurs vis-à-vis des risques de production.*

*D'ailleurs, l'utilisation des facteurs d'intensification par la majorité des producteurs est tributaire des conditions climatiques. Sans pluie, le producteur préfère en général cesser les dépenses liées à la protection phytosanitaire et à la fertilisation et faire pâturer les parcelles. L'impact de la sécheresse, de ce fait, peut être aggravé alors que des interventions raisonnées notamment en matière de lutte contre les mauvaises herbes peuvent réduire les baisses des rendements. L'assurance indexée est de nature à inciter le producteur à réajuster sa démarche et à user de tous les moyens à sa disposition pour circonscrire les effets de la sécheresse.*

*De surcroît, cette assurance peut se déployer progressivement dans la mesure où les projets d'agrégation préconisés par le Plan Maroc Vert impliquent dans la filière céréale des quatre régions concernées par l'étude, un grand nombre d'agriculteurs de différentes catégories utilisant les techniques, modernes et traditionnelles. Aussi, la diffusion de la culture de risque en rapport avec les aléas climatiques se fera-elle par tâche d'huile au fur et à mesure du lancement de nouveaux projets d'agrégation.*

*La pertinence de l'assurance indexée se vérifie par rapport au système en vigueur. Ce système, lié au Programme de Sécurisation de la Production de Céréales, est conçu par les deux Ministères de l'Agriculture et des Finances, le Crédit Agricole et la Mutuelle Agricole Marocaine d'Assurance (MAMDA) pour trois types d'itinéraires techniques : traditionnel, intermédiaire et intensif. Il permet de couvrir les charges directes de la production et non pas la production elle-même en relation avec des rendements qui peuvent varier entre 7.5 et 24 quintaux à l'hectare. A noter que*

*le montant de la cotisation payée par les agriculteurs est subventionné à hauteur de 50% par l'Etat.*

*Ce système a coûté près de 42 millions MAD en moyenne annuelle depuis sa création pour une superficie céréalière qui a tourné autour de 230000 hectares au début des années 2000 puis régressé à moins de 100 000 hectares à cause des difficultés de mise en œuvre.*

*Malgré les contraintes de budgétisation et de suivi-évaluation des actions depuis son lancement, la souscription à l'assurance contre la sécheresse constitue le principal apport du Programme de Sécurisation. Cependant, un nombre de plus en plus élevé de producteurs n'adopte le système d'assurance qu'en relation avec la prise de crédits contractés en début de la campagne. Aussi, les résultats obtenus sont-ils largement en deçà des résultats escomptés. A noter que la comparaison de ce système à l'assurance indexée est biaisée parce que le système en question correspond plutôt à une garantie qu'à une assurance.*

*Par ailleurs, quels que soient les avantages intrinsèques de l'assurance indexée, l'implication des Pouvoirs publics (Ministère de l'Agriculture, des Finances, Agence de Développement Agricole), des professionnels du secteur céréalière (agrégateurs, coopératives, organisations professionnelles et leurs fédérations et confédérations) et des institutions concernées (compagnies d'assurances, réassurance, banques, organismes de crédit) reste une condition sine qua non pour créer les conditions favorables au lancement et à la mise en œuvre de cette assurance. Ces partenaires sociaux ont un rôle déterminant pour promouvoir la culture du risque, rendre l'assurance indexée plus attrayante et ouvrir de nouvelles perspectives pour une meilleure maîtrise des risques liés aux aléas climatiques et à toute autre catastrophe naturelle.*

*Enfin, la réalisation d'une étude de faisabilité s'impose pour ne rien laisser au hasard. Cette étude portera sur les conditions de mise en œuvre de l'assurance indexée. De ces conditions il convient de retenir :*

*1- Les étapes à respecter dans le cadre d'un programme pilote (limiter dans un premier temps l'expérimentation à une culture et à quelques régions avant sa généralisation). Ces étapes sont les suivantes :*

- Identifier une culture (céréales) et choisir les régions à couvrir contre le risque de la sécheresse (4 au moins dans le cas marocain) ;*
- concevoir un dispositif organisationnel de distribution en identifiant les attributions de chacune des parties prenantes ;*
  
- suivre et évaluer le programme sur le plan technique, organisationnel ou financier en vue de procéder éventuellement aux réajustements.*

*2- L'organisation suivante du programme :*

- Phase de préparation : partenariat entre services techniques ( Direction des Assurances, Ministère de l'Agriculture, ...) et de recherche ( institutions scientifiques locales).*
- Mise en œuvre : renforcer et formaliser la collaboration par la mise en place d'un : i) Comité de pilotage regroupant la Direction des Assurances, la Fédération des Assurances, le Crédit Agricole du Maroc, la MAMDA, ...) ; ii) Comité d'appui technique.*

# *Annexes*

## **Présentation des plus importantes expériences dans le domaine de l'assurance indexée de type climatique (weather derivatives)**

*Il ne s'agit pas, ici, d'évaluer les expériences dans le domaine de l'assurance indexée et de porter en définitif un jugement de valeur sur chacune d'elles et ce, pour deux raisons principales : i) un tel travail ne relève pas du périmètre de la présente étude dont le délai de réalisation est très court; ii) L'évaluation de ces expériences exigent du temps et plus de moyens.*

*L'objectif est de rendre compte de l'intérêt que suscite l'assurance indexée en passant en revue les études menées et les expériences vécues. Loin de nous l'idée de reprendre les études réalisées en détail, comme il n'est pas question de se focaliser sur le vécu et de décortiquer les expériences une par une. Le but est de restituer l'essentiel de ces travaux et de faire état de ces expériences en fonction des données disponibles.*

*Les pays qui ont le plus retenu notre attention sont ceux dont l'expérience dans ce domaine est édifiante à plusieurs égards. Ils sont au nombre de 14, répartis par continent comme suit :*

*L'Amérique du Nord : Canada et USA;*

*L'Amérique latine : Mexique, Brésil, Argentine et Nicaragua;*

*Europe : Espagne;*

*Asie : Chine, Inde et Mongolie;*

*Afrique : Sénégal, Éthiopie et Malawi.*

### **1- L'Amérique du Nord**

#### **USA**

*Les USA disposent, depuis 2002, d'un système dédié à la caractérisation et au suivi de la sécheresse couvrant plus particulièrement les régions qui sont les plus exposées à ce phénomène. Les Organismes impliqués sont : National Drought Mitigation Center (NDMC), National Climatic Data Center (NCDC), Climate Prediction Center (CPC), Federal Aviation Administration et Military Installations.*

*Il s'agit d'un système d'alerte précoce à la sécheresse comparable aux dispositifs en vigueur dans d'autres pays dans la mesure où il est basé sur le calcul de l'indice SPI à court, à moyen et à long terme (3, 6, 12 et 24 mois).*

*Les données sont collectées pendant les premiers jours de chaque mois dans chacune des stations météorologiques de la zone d'application du programme. Ensuite le National Climatic Data Center (NCDC) télécharge les données et calcule le SPI pour chacune des différentes zones climatiques. Finalement les données sont transmises au National Drought Mitigation Center (NDMC). C'est la division de la climatologie du NDMC qui ensuite élabore les cartes de risque de la sécheresse et, à l'aide d'un système d'information géographique (SIG), mène les analyses qu'elle estime opportunes. Ces cartes<sup>4</sup> aident à analyser, de façon annuelle et mensuelle, l'influence des sécheresses sur l'activité végétale.*

*Il convient de remarquer que les États-Unis sont des pionniers dans le développement des systèmes de suivi de la sécheresse en temps réel. Avec la création du National Drought Mitigation Center (NDMC, 2003) et avec la mise en œuvre d'instruments et techniques*

---

<sup>4</sup> Ces cartes sont disponibles sur la page web du NDMC <http://drought.unl.edu>

*appropriés, les américains sont arrivés à contrôler de façon précise l'extension spatiale et l'intensité des périodes sèches.*

*Ils ont, par ailleurs, procédé à de nombreuses études en usant du SPI dans des pays différents. C'est ainsi qu'ils ont réalisé :*

*1. en 1999, une étude en Turquie avec le Département de Recherches du Service Météorologique Turc, dans divers régions de ce pays et pour des données climatiques de 1940 à 1997, afin de déterminer l'utilité potentielle du SPI. « Ce dernier répond rapidement en caractérisant les périodes sèches ou humides et s'est révélé un instrument qui peut beaucoup aider à analyser et à caractériser la sécheresse».*

*2. en 2000, deux études :*

*- la première, menée par le Department of Space and Climate Physics de l'University College London., a porté sur des périodes sèches qui ont eu lieu en Europe entre 1901 et 1999. Le but est de démontrer que le SPI est un outil pertinent et efficace pour étudier le phénomène sécheresse dans les pays de la zone euro -méditerranéenne.*

*-la seconde, initiée par l'Institut de Recherche sur les Eaux et l'Institut de Recherche pour la Conservation du Sol de la province de Téhéran (Iran), a concerné le calcul du SPI pour chacune des stations météorologiques de la zone retenue et l'élaboration des cartes de la sécheresse avec comme objectif, l'analyse des caractéristiques de la sécheresse dans le Nord-est de l'Iran entre 1965 et 2000.*

*3. En 2001 une étude par l'entremise du Service Météorologique de l'Institut de l'Hydrologie, de la Météorologie et d'Études Environnement (IDEAM). Ce travail qui a pour périmètre la Colombie, est une analyse de l'évolution de la pluviométrie à travers le calcul du SPI pendant la période comprise entre 1961 et 2000 et ce, en vue de paramétrer les caractéristiques spatiales et temporaires de la sécheresse, à savoir son état actuel, sa probabilité d'occurrence et sa durée dans le temps.*

*5. En 2007 par le Département Génie Civil et Environnement de l'Université de Catania un travail qui a porté sur l'analyse de la corrélation existante entre les séries de l'indice SPI et celles de l'indice NAO (North Atlantic Oscillation), entre 1921 et 2003 et dans 40 stations météorologiques de la région de Sicile(Italie). L'objectif est d'examiner la possible utilisation de l'indice NAO (North Atlantic Oscillation) pour améliorer la prévision de la sécheresse dans la Méditerranée.*

## **CANADA**

*Après une expérience pilote terminée de façon satisfaisante en 2003, AgriCorp (Organisme du gouvernement de l'Ontario) et le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation ont mis en place, à partir de 2004, un programme spécifique réservé à la seule province d'Ontario qui, au demeurant, est la plus peuplée du Canada. L'objectif étant de garantir les revenus des éleveurs en offrant un régime de protection contre la sécheresse pour les cultures fourragères. Ceci, à travers le fonctionnement du Programme d'Assurance Précipitation pour les Fourrages (FRIP).*

*Le régime en question repose sur le concept selon lequel la production est étroitement liée aux précipitations. L'indemnisation est fonction des précipitations mesurées pendant la période couverte qui doivent être inférieures à 80 % de la moyenne à long terme pour la région en question. Le paiement est émis peu après la fin de la période de mesure des*

précipitations. Ainsi, si la station choisie par le producteur recevait moins de pluie, il disposerait des liquidités pour achat du fourrage nécessaire à l'entretien de son bétail.

On dispose de quatre options de méthode de calcul d'une indemnité (offertes en 2008) : le régime de base, la pondération mensuelle, le calcul bimensuel et le calcul trimestriel. Il revient aux producteurs de choisir le régime qui leur convient. Dans ce cadre, Agricorp a évalué les sites de collecte des précipitations qui sont à même de satisfaire chaque exploitation.

Agricorp retient les services de professionnels de la météorologie pour fournir des données fiables concernant les précipitations. Les pluviomètres sont dotés de systèmes auxiliaires intégrés afin d'assurer des données exactes. Les plafonds de précipitations quotidiennes et mensuelles sont appliqués aux données de précipitations afin de tenir compte des limites aux bienfaits d'une pluie accrue. Le plafond quotidien est de 50 mm de précipitations et le plafond mensuel égale 125 % de la moyenne mensuelle des précipitations historiques.

Ce régime permet à Agricorp de calculer et de liquider les indemnités approximativement un mois après la fin de la période de mesure des précipitations.

Le taux de prime est calculé d'après un pourcentage de la couverture choisie. Il était en 2008 de 2,87 % pour le régime de base, 3,62 % pour la pondération mensuelle, 10,10 % pour le calcul bimensuel des sécheresses et 4,72 % pour le calcul trimestriel. Les primes d'Assurance-production sont à la charge et des producteurs et des gouvernements provinciaux et fédéraux.

La part supportée par le producteur pour le régime de base, de la pondération mensuelle et du calcul trimestriel est de 40 %. Celle correspondant au calcul bimensuel est de 40 % de la partie de la prime égale au régime de base et de 67 % sur le reste de la prime. Les producteurs peuvent assurer leurs cultures fourragères selon une fourchette allant de 2000\$ minimum jusqu'à la valeur de ces cultures au maximum.

L'assuré doit présenter à Agricorp, au plus tard le 1er mai de la campagne agricole, un rapport final sur les superficies ensemencées sous une forme indiquée par l'assureur.

Agricorp dispose de 350 sites de collecte des précipitations répartis dans la province d'Ontario. De cette façon, le producteur peut choisir un site se trouvant dans le canton géographique où il produit son fourrage ou encore dans un canton adjacent. Faute d'un site de collecte dans ces zones, l'assuré peut choisir le site le plus proche de sa culture.

Agricorp se réserve le droit de choisir une autre source de données climatiques et d'utiliser ces données dans le cas d'une défektivité ou d'une autre circonstance imprévue qui interrompe la mesure de la pluviosité à la station pluviométrique choisie.

Globalement, le programme actuel, qui a fait l'objet de quelques ajustements techniques pour accéder à la demande des clients (près de 2000 éleveurs), offre une assurance accessible à coût raisonnable pour le gouvernement.

Une autre expérience a été menée, cette fois-ci, par l'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) en partenariat avec le Service météorologique du Canada (SMC) pour Identifier et quantifier la sécheresse à travers le calcul et l'élaboration de cartes du SPI. Le système proposé qui a débuté en 2001 concernait les principales régions agricoles du pays.

Il s'agit d'un système d'alerte précoce à la sécheresse basé sur le calcul de l'indice SPI à court, à moyen et à long terme (1, 2, 3, 6, 12, 24, 36, 48 et 60 mois). Les données sont collectées au niveau des stations météorologiques canadiennes par le Service météorologique du Canada (SMC) et c'est à l'Agriculture et Agroalimentaire du Canada (AAC) de calculer l'indice sur la base des données collectées et d'élaborer les cartes SPI de risque de la sécheresse.

Ce système a permis la fourniture, en temps opportun, des informations relatives à l'incidence de la variabilité climatique sur l'agriculture, ainsi que sur l'approvisionnement en eau. La surveillance de cette incidence, que se soit sur l'approvisionnement en eau ou sur la dégradation des sols et la production agricole, est essentielle pour préparer la région à faire face à de possibles conditions de sécheresse. Ce système a également permis de promouvoir des pratiques qui réduisent la vulnérabilité à la sécheresse et qui améliorent la gestion pendant les périodes de sécheresse. Les cartes du SPI sont disponibles sur la page web de l'AAC<sup>5</sup>.

## **2- L'Amérique latine**

### **MEXIQUE**

Par le biais de l'AGROASEMEX- S.A. Compagnie Nationale d'Assurances- et avec le soutien du gouvernement Fédéral représenté par le Secrétariat de l'Agriculture, de l'Élevage, du Développement Rural, de la Pêche et de l'Alimentation du Mexique (SAGARPA), le Mexique a opté pour une couverture paramétrique qui s'est traduite par la mise en place de l'« assurance agricole catastrophique », développée sur la base d'indices climatiques. L'objectif est d'offrir une protection appropriée aux agriculteurs mexicains.

Portant sur des cultures de base en zone pluviale en l'occurrence le maïs, les haricots et le sorgho et couvrant divers régions de l'État de Guanajuato connu par sa forte pluviométrie, cette assurance a fait l'objet, dans un premier temps, d'une expérience pilote(2002) qui a été concluante. Depuis, AGROASEMEX commercialise et améliore régulièrement ce produit paramétrique

A l'origine de l'assurance agricole catastrophique une méthodologie basée sur des modèles biophysiques et des données climatiques. Dès que la quantité de pluie enregistrée est inférieure au seuil retenu correspondant à la quantité minimum d'eau nécessaire pour le développement normal de la culture, le mécanisme d'indemnisation se déclenche de façon immédiate. Les indemnités proviennent du FAPRACC, Fonds Fédéral dont la mission est d'appuyer la population rurale en cas d'événements climatiques extrêmes.

Il convient de remarquer que la surveillance moyennant les indices est un instrument très utile pour évaluer l'extension spatiale et la sévérité de la sécheresse. Dans ce cadre, AGROASEMEX a retenu comme indice climatique, le SPI .Elle a, par ailleurs, procédé à la sélection des stations météo sur la base de deux principaux critères :i) être proche des cultures assurées; ii) avoir des séries climatiques sur une durée d'au moins de 25 ans. Au total, 345 stations, réparties sur le territoire mexicain, ont été agréées.

Les résultats ont été probants. Pour la seule année de 2003, cent huit millions d'hectares de maïs et de sorgho ont été assurés, associés à 6 stations météorologiques, avec une somme assurée de 3,9 millions de dollars US et une valeur des primes de 0,4 millions de dollars US.

En 2004, l'État a inclus dans le programme des régions de l'État de Puebla la culture d'orge. Par la suite, cette assurance a été généralisée à d'autres régions des 18 États de la République(2005). L'haricot a été de plus ajouté à la liste des cultures assurées.

En 2006 la superficie assurée a atteint 23.000 hectares, associée à 297 stations météorologiques, avec une somme assurée de 131,9 millions de dollars US et une valeur des primes de 17,3 millions de dollars US.

---

<sup>5</sup> <http://www.agr.gc.ca>

*Cette réussite souffre, néanmoins, d'un handicap majeur. La croissance de l'offre de ce produit est limitée faute de bases de données climatiques capables d'assurer les standards de qualité exigés par le marché international.*

*Dans le cadre de la sensibilisation et de la formation, le Centre de Recherches sur la Sécheresse de l'État de Chihuahua (CEISS) et le Service National de la Météorologie (SMN), se sont associés, en 2000, pour mettre en place un système suffisamment performant pour fournir aux secteurs gouvernemental, scientifique, éducatif et agricole du Nord-est du Mexique et de l'État de Chihuahua, Durango, Sonora et Sinaloa, des conseils et des orientations sur la sécheresse.*

*Ce système d'information d'aide à la décision (DSS) permet d'évaluer de façon permanente et à travers une surveillance basée sur le calcul de l'indice SPI (série de données pluviométriques de 30 ans), les différentes zones affectées par la sécheresse. Il permet aussi de caractériser l'intensité, la durée et la distribution spatiale et temporaire de ce phénomène. La représentation de l'information se fait de façon graphique, à travers un système d'information géographique (SIG).*

*En plus de son utilité en rapport avec la gestion des ressources naturelles, ledit système confectionne des connaissances de nature à contribuer à la compréhension du phénomène de la sécheresse et à la circonscription de ses effets dans le Chihuahua et le Nord du Mexique<sup>6</sup>.*

*Enfin, l'intérêt que représente ce système a amené l'École de Post gradués de l'état de Chihuahua de lancer une étude en 2007, pour évaluer la sécheresse dans cet état, entre 1970 et 2004, à travers le calcul de l'indice SPI, à échelles de temps de 3, 6 et 12 mois, pour chacune des stations météorologiques de la zone étudiée. L'étude se focalise sur l'analyse des principales caractéristiques des différentes périodes sèches qui ont eu lieu dans les régions climatiques les plus représentatives de cet État.*

## **NICARAGUA**

*En 2007, le Nicaragua a lancé le projet pilote destiné à assurer les producteurs d'arachide-variété georgia green - contre les aléas climatiques de nature à provoquer une sécheresse (pluviométrie enregistrée inférieure à un seuil normal établi) ou un excès de pluie. L'excès d'humidité est pris aussi en compte. Les provinces concernées sont : León, Managua et Chinandega. A son lancement, la superficie de production couverte ne dépassait pas 1%.*

*Ce projet, qui a bénéficié du soutien des principales compagnies internationales de réassurance, a été mis en marche par la Commodity Risk Management Group (CRMG), l'Institut Nicaraguayen de L'Assurance et de la Réassurance (INISER), la Banque nationale (BANCPRO) et les Coopératives (UPANIC, COMASA et CUKRA HILL.).*

*La technique adoptée dans le cadre de ce projet, repose sur le calcul des besoins hydriques de la culture en utilisant des modèles agro-climatiques qui lient l'eau et les rendements. Les données de départ sont la pluviométrie quotidienne étalée sur au moins trente ans, l'évapotranspiration potentielle, des données agronomiques (calendrier de la culture, date de semis et de récolte) et des données pédologiques (texture des sols, drainage, etc.).*

*Outre ce produit, INISER cherche à implémenter de nouveaux instruments indexés pour élargir son marché d'assurances s au Nicaragua.*

---

<sup>6</sup> Les cartes de suivi de la sécheresse de 2000 à 2004/ 2005, sont disponibles sur le site du CEISS [www.sequia.edu.mx](http://www.sequia.edu.mx).

## ARGENTINE

Grâce à son Service Météorologique National (SMN), l'Argentine s'est dotée d'un mécanisme destiné à quantifier les déficits et aussi les excès pluviométriques à plusieurs échelles temporaires et ce, afin de surveiller l'occurrence et la durée des périodes sèches et des périodes humides dans la région Pampéenne connue par son humidité.

Ce système, couvrant l'Argentine Pampéenne, est basé sur le calcul de l'indice SPI à court, à moyen et à long terme (1, 3, 6, 12, 18 et 24 mois). Les données sont collectées pendant les premiers jours de chaque mois dans chacune des stations météorologiques de la zone d'application du programme. Ensuite le Département de la Climatologie du Service Météorologique National (SMN) calcule le SPI, élabore et publie dans sa page web les cartes de risque<sup>7</sup>.

L'indice SPI permet aussi bien de quantifier les déficits que les excès de pluie. Le succès de ce modèle appuie l'idée du Service Météorologique National (SMN) de l'élargir pour couvrir tout le territoire argentin.

À part ce système, qui est opérationnel depuis 2006, de nombreuses études s'appuyant sur le SPI ont été réalisées en Argentine. Parmi les plus importantes on peut citer:

1. L'étude effectuée en 2001 par le Département d'Agronomie de l'Université Nationale du Sud et l'Institut du Climat et de l'Eau (INTA) avec la collaboration du SMN. Il s'agit d'un travail qui s'est penché sur le développement d'une méthodologie de classification des anomalies pluviométriques, enregistrées entre 1951 et 2000 dans la zone de Bahía Blanca de la province de Buenos Aires, à partir d'un indice qui améliore la qualification des données pluviométriques en l'occurrence le SPI. L'objectif est de démontrer la pertinence de cet indice et d'insister sur son utilité pour caractériser la sécheresse et prévoir, en conséquence, les tendances climatiques futures à moyen terme.

2. L'étude réalisée en 2001 par le Service Météorologique National (SMN) et l'Institut National de Technologies Agropécaires (INTA), concernant l'analyse des dommages occasionnés par les différents événements météorologiques (sécheresse, excès de pluie, inondations, gel, vent excessif, grêle, etc.) aux différentes cultures (blé, maïs, tournesol et soja) pendant les dernières 25 années du XXème siècle, à travers la détermination du risque auquel l'activité agropécaire doit faire face, dans différentes zones de l'Argentine (Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, La Pampa, Buenos Aires). Le but consiste à développer un indice multirisque à savoir le SPI par zone et pour les différentes cultures.

3. En 2005 le Service Météorologique National (SMN) s'est servi du SPI pour produire une étude consacrée à l'analyse mensuelle de l'évolution de la pluviométrie de la province de Buenos Aires pour la période allant de 1961 à 2004 avec comme but, la détermination des différentes catégories de sévérité des périodes sèches et humides.

4. Le Département de Climatologie Agronomique de l'Université Nationale de Rosario (UNR), l'Institut du Climat et de l'Eau (INTA) et le Service Météorologique National (SMN) ont procédé en 2006 à l'évaluation des événements secs et humides enregistrés entre 1973 et 2002 dans la province de Santa Fe, en recourant au SPI et en analysant la relation existante entre celui-ci et l'occurrence du phénomène « El Niño »- Oscillation du Sud (ENOS) et celui de « La Niña », . La finalité étant de vérifier si, statistiquement, les changements qui ont eu lieu dans la circulation produite à grande échelle sur l'océan pacifique sont en relation avec les déficits et les excès de pluie.

---

<sup>7</sup> Cf. <http://www.smn.gov.ar>

## **BRÉSIL**

*Le Brésil s'est intéressé de sa part à l'identification des anomalies pluviométriques (sécheresse) sur le plan national. Il a fait appel à trois organismes pour se pencher sur cette question : le Centre de Monitorisation et Mitigation de la Sécheresse et des Adversités, l'Hydrométéorologiques de l'État de São Paulo (INFOSECO) et l'Institut National de la Météorologie du Brésil.*

*Le système retenu, qui est entré en fonction à partir de janvier 2002, consiste à identifier la sécheresse à travers le calcul du SPI à court, moyen et long terme (1, 3, 6, 9, 12 et 24 mois) et à élaborer des cartes de caractérisation de la sécheresse à différents niveaux territoriaux.<sup>8</sup>*

*Les résultats sont encourageants. En ce sens que l'indice SPI, semble bien répondre à la réalité brésilienne.*

*Parallèlement, d'autres études faisant appel au SPI ont été entreprises avec succès.*

*L'étude réalisée en 2005 par le Centre de Monitorisation et Mitigation de la Sécheresse et des Adversités Hydrométéorologiques de l'État de São Paulo (INFOSECO) et le Centre Intégré des Informations Agro-météorologiques de l'État de São Paulo (CIIAGRO) en est l'exemple. La réflexion s'est portée sur la surveillance des adversités météorologiques notamment de la sécheresse pour la période qui va de 1990 à 2004. Elle s'est intéressée aux régions de production d'agrumes et s'est attelée à la quantification et à la mitigation de la sécheresse (il s'agit du risque climatique le plus important auquel doit faire face la culture d'agrumes au Brésil).*

### **.3 L'Europe**

## **ESPAGNE**

*L'Espagne a rejoint, en 2002, les pays qui se sont dotés d'un système conçu pour la caractérisation et le suivi de la sécheresse sur l'ensemble de la péninsule ibérique.*

*C'est le Centre d'Études et d'Expérimentation des Travaux Publiques (CEDEX), relevant du ministère de l'Environnement, et du Milieu Rural et Maritime du Royaume Espagnol, aidé par le Système d'Indicateurs de l'État Hydrologique (SIEH), qui s'est chargé de la mise en place de cette innovation.*

*La caractérisation et le suivi de la sécheresse dans la Péninsule Ibérique se font à travers l'élaboration de séries de cartes du SPI, de 3, 6, 12, 24 et 48 mois. Ces cartes sont conçues à partir des valeurs du SPI obtenues au niveau de l'ensemble des plus importantes stations météorologiques du SIEH<sup>9</sup>.*

*L'indice SPI s'est révélé pertinent et suffisamment efficace pour répondre aux attentes. Il permet au SIEH de déterminer, avec une relative facilité, le régime hydrique correspondant à une zone donnée et à un moment donné.*

*À part ce système, qui est opérationnel depuis quelques années, de nombreuses études basées sur le SPI, ont été réalisées. Il s'agit en particulier de:*

*1. L'étude qui date de 2001 et qui a été réalisée par le Département de Géographie de l'Université de Saragosse, le Centre d'Études Spatiales de la Biosphère (CESBIO), le Système*

---

<sup>8</sup> Ces cartes sont, d'ailleurs, disponibles sur la page web de INFOSECA : <http://www.infoseca;SP;GO.br/>.

<sup>9</sup> Les cartes du SPI sont disponibles sur la page web du CEDEX (<http://hercules.cedex.es>).

National d'Information sur les Ressources Hydriques du Portugal et l'Institut National de la Météorologie Nationale (Espagne), concerne l'analyse de la sécheresse dans la Péninsule Ibérique entre 1910 et 2000, et s'est fixée comme objectifs l'identification des épisodes sèches les plus importantes.

2. L'étude de l'Institut National de la Météorologie (INM) datant de 2006. Elle a été consacrée à l'analyse de l'extension, de la durée et de l'intensité des différents épisodes de sécheresse qui ont eu lieu dans le bassin du Duero pendant la période comprise entre 1945 et 2005.

3. L'étude réalisée en 2006 par la Confédération Hydrographique du Guadalquivir (CHG) avait pour objet la caractérisation météorologique de la sécheresse dans la CHG entre 1942/ 43 et 2004/ 2005. Son objectif réside dans la quantification de la durée et de l'intensité des cycles secs.

4. L'École Nationale d'Agriculture de Meknès (Maroc) s'est occupée en 2007 de la caractérisation de la sécheresse, entre les campagnes 1983/ 1984 et 2005/ 2006, en utilisant les indices de sécheresse dans deux zones du bassin méditerranéen : Meknès(Maroc) et Cordoue(Espagne). L'étude en question s'est penchée sur la classification des années selon la position de la sécheresse par rapport au cycle de développement pour les principales cultures de l'agriculture pluviale au Maroc et en Espagne, à savoir les céréales et l'olivier.

5. L'étude réalisée par le Département de Géographie de l'Université de Saragosse, avec la collaboration de l'Institut National de la Météorologie (INM), concernant le suivi dans l'espace et dans le temps de la sécheresse dans le secteur central de la Vallée de l'Ebro entre 1987 et 2000, à travers l'analyse mensuelle et annuelle de l'influence de la sécheresse sur l'activité végétale et l'étude de l'impact de la sécheresse sur les productions agricoles de zone pluviale : céréales d'hiver (blé et orge) et les parcours, en utilisant l'indice climatique SPI et l'indice de végétation NDVI, et ayant pour objectif la détermination, avec une certaine anticipation temporaire, du rendement des céréales en zone pluviale. Cela offre aux compagnies qui opèrent dans le secteur des assurances agraires, à l'Administration et aux agriculteurs la possibilité, d'adopter de façon précoce certaines mesures pour mieux gérer la sécheresse.

#### **4- L'Asie**

##### **INDE**

Pour protéger les agriculteurs de la sécheresse pendant la période de végétation des arachides et du ricin, qui coïncide avec le Khariff (période de la mousson entre juin et septembre), le gouvernement indien a chargé trois organismes en l'occurrence Commodity Risk Management Group (CRMG), Institution de Microfinance Indienne (BASIX) et Compagnie d'Assurance Indienne ICICI Lombard de l'introduction d'une assurance adaptée. C'est ainsi que le programme pilote a été lancé en 2003 et concernait le district de Mahabubnagar, à Andhra Pradesh.

L'indice, basé sur la pluviométrie, a été soigneusement calculé avec l'aide d'agriculteurs et de biologistes pour faire ressortir l'impact réel de la pluie sur la croissance des arachides ou des graines de ricin (deux indices ont été retenus en fonction du type de culture). Les diverses étapes de la croissance ont aussi été prises en compte moyennant une pondération différente selon la sous-période considérée. En cas de déficit pluviométrique, on met, automatiquement, en exécution les contrats et on procède immédiatement à l'indemnisation des agriculteurs.

*Ce mécanisme de déclenchement automatique présente l'avantage d'abaisser les coûts du système dans son ensemble par rapport à ceux d'un programme d'assurance traditionnel et de dédommager rapidement les agriculteurs pour qu'ils puissent subsister jusqu'à la prochaine campagne agricole.*

*La structure des versements ou des indemnités accordées aux agriculteurs dépend des diverses phases de développement de la plante et de ses besoins spécifiques. Plus précisément, l'indice de référence est calculé afin de représenter les besoins biologiques de la plante à ses différentes étapes de croissance. On peut également prévoir des versements différents selon la superficie des terres cultivées pour prendre en considération les effets d'échelle, comme ce fut le cas pour les fermiers indiens.*

*En résumé, le système d'assurance a été conçu par ICICI Lombard, avec l'aide technique du CRM et en consultation avec BASIX. L'ensemble du portefeuille vendu par BASIX était assuré par ICICI Lombard, lui-même réassuré auprès de Swiss Re. Une banque locale a sélectionné quatre villages pour la commercialisation, selon leur participation actuelle au programme de microfinance. Deux cent trente agriculteurs ont souscrit ces contrats d'assurance contre la sécheresse (154 producteurs d'arachide et 76 producteurs de ricin); il s'agit, pour la plupart, de petits agriculteurs possédant à peine un hectare de terre. En fait, ce contrat n'avait d'assurance que le nom puisqu' Il s'agissait d'un dérivé financier basé sur un indice climatique de référence.*

*En 2004, l'expérience a été étendue à quatre nouvelles stations météorologiques dans l'État d'Andhra Pradesh. Les contrats existants ont été légèrement modifiés. L'accent a d'avantage été mis sur la période initiale des semailles des arachides dans le calcul de l'indice pluviométrique. De nouveaux contrats ont été créés à l'intention des producteurs de coton, visant cette fois des pluies trop abondantes. Plus de 250.000 agriculteurs ont souscrit une assurance météorologique.*

*Bien que le programme soit encore relativement limité, le projet dans son ensemble est un succès dans la mesure où Il a amélioré la situation financière de nombreux petits agriculteurs.*

## **MONGOLIE**

*Bien que ce modèle ne soit pas basé sur le SPI ou sur tout autre indice Pluie/Sécheresse, il mérite d'être présenté dans le cadre de cette étude car, il nous renseigne sur le fonctionnement de l'assurance agricole indexée basée sur un indice autre que le SPI en l'occurrence l'indice de mortalité animale.*

*Soutenu par la Banque Mondiale le gouvernement mongol a lancé un programme pilote de trois ans (à partir de la mi-mai de 2006) dans les provinces de Bayankhongor, Uvs et Khentj, en vue de déterminer la viabilité et de se prononcer sur l'adoption d'un programme d'assurance indexée basé sur des taux de mortalité calculés par espèce et par comté (les soum) concernant les bovins, les ovins, les chevaux et les chèvres.*

*Une série chronologique des taux de mortalité du bétail adulte, d'une longueur de 33 ans, a été produite pour chacune des principales espèces et pour chaque soum, sur la base du recensement annuel des animaux que réalise le gouvernement mongol.*

*La vente des premières polices était prévue pour le printemps/été 2006.*

*En raison des limites de l'assurance bétail traditionnelle (basée sur les pertes individuelles) et de l'impopularité des produits d'assurance formels, l'État mongol a opté pour une formule alternative qui consiste à développer une assurance indexée.*

*A ce titre, la police d'assurance bétail indexée (PABI) indemnise l'assuré lorsque le taux de mortalité du bétail adulte dépasse un seuil prédéfini dans une zone spécifique (dans le cas de la Mongolie, la zone choisie est le soum ou comté). Ce type de police incite les éleveurs à bien gérer leurs troupeaux et à minimiser les impacts des dzud<sup>10</sup>s (un « bon » éleveur, qui ne perd aucun animal alors que ses voisins perdent une partie de leurs troupeaux, reçoit une prime calculée sur la base des pertes dans la région).*

*L'une des spécificités de ce programme est qu'il combine auto-assurance, assurance commerciale et assurance sociale. Les éleveurs prennent en charge les petits sinistres qui n'affectent pas la viabilité de leur activité. Les sinistres les plus importants sont transférés au secteur privé. Le gouvernement s'occupe lui des sinistres majeurs.*

*Le produit de base, appelé Base Insurance Product (BIP) est un produit commercial vendu et géré par les compagnies d'assurance. Les éleveurs l'achètent sur une base volontaire et paient un taux de prime plein.*

*Ce produit donne droit à une indemnité lorsque les taux de mortalité agrégés dépassent des pourcentages prédéfinis (7% la première année). Sur la base de l'analyse des données historiques en matière de mortalité, le plafond de paiement de ce produit se situe au taux prédéfini de 25% ou 30%.*

*Quant au produit secondaire, appelé Disaster Response Product (DRP), il est distribué par le gouvernement et fonctionne comme filet de sécurité. Il est activé lorsque les taux de mortalité dépassent le plafond d'indemnisation du BIP. Les éleveurs qui achètent le BIP bénéficient automatiquement du DRP, pour les mêmes espèces animales et sans coût supplémentaire.*

*Ceux qui ne souscrivent pas à la valeur minimale du BIP doivent payer un montant destiné à couvrir les frais administratifs du DRP. La structure d'indemnisation du DRP est identique à celle du BIP.*

*Les éleveurs paient une prime calculée sur la base de la valeur de leur troupeau et du risque relatif dans le soum qu'ils choisissent. Ce choix dépend de la région où l'éleveur estime que ses animaux risquent d'être le plus exposés pendant les six premiers mois de l'année. L'éleveur peut assurer son bétail pour un montant qui oscille entre 30 et 100 % de la valeur estimée de son bien. Les paiements interviennent lorsque le seuil de mortalité prédéterminé pour le soum et l'espèce concernée est atteint.*

*L'indemnité versée au titre du BIP est égale au taux d'indemnisation multiplié par la valeur du bien assuré. Celle versée au titre du DRP tient compte de la valeur totale des animaux. Le DRP indemnise les sinistres à partir du plafond du BIP. Les assureurs impliqués mettent en commun les bénéfices et les pertes de souscription par le biais d'un système de pooling appelé le Livestock Insurance Indemnity Pool (LIIP). Le gouvernement mongol couvre intégralement les pertes assurées qui dépassent les réserves du pool, sur la base d'un traité de réassurance en excédent de pertes. Chaque assureur paie des primes de réassurance qui sont justes d'un point de vue actuariel et correspondent au volume d'activité qu'il apporte au pool. Les indemnités de réassurance sont accumulées d'année en année et constituent ainsi*

---

<sup>10</sup> Le dzud est un terme mongolien. Il s'agit d'une tempête avec des vents glacials (souvent de moins 40 degrés). Les dzuds sont relativement rares mais les dégâts qu'ils provoquent (mortalité) sont généralement énormes. Ils peuvent atteindre le tiers du bétail.

*une réserve financière utilisable pour l'ensemble des activités. La réserve de réassurance paie la première tranche des pertes de réassurance. Lorsque la réserve est épuisée, le gouvernement mongol peut recourir à l'emprunt de la Banque Mondiale pour couvrir d'autres sinistres.*

*Cette démarche ouvre la voie au développement de programmes d'assurance agricole financièrement durables et destinés aux plus pauvres. Ce type de partenariat public-privé a pour objectif de proposer une couverture intéressante pour les éleveurs, d'impliquer les acteurs du marché national de l'assurance tout en les protégeant d'éventuelles pertes catastrophiques.*

*Trois compagnies d'assurances ont reçu l'autorisation de vendre le produit à partir d'avril 2006. Elles ont dû proposer un plan stratégique produit grâce à un logiciel d'analyse de portefeuille spécialement développé. Ceci a permis aux compagnies d'évaluer le rapport entre les coûts administratifs et le coût de la réassurance.*

*L'une des exigences posées par le comité directeur gouvernemental était qu'il y ait une couverture universelle du produit. La présence des deux produits (l'un commercial, le BIP, l'autre social, le DRP) a permis de contrer l'argument selon lequel les compagnies intéressées devaient vendre l'assurance bétail indexée partout.*

## **CHINE**

*La Chine, à son tour, s'est intéressée à la surveillance et au suivi de la sécheresse sur tout le territoire national. Le mécanisme adopté a été mis au point de 1995 à 1999, puis mis en exploitation sur une base journalière par le Centre Climatologique de Beijing, relevant de l'Administration Météorologique chinoise soutenu par le Centre Satellitaire de l'Administration Météorologique Chinoise.*

*Le système national de suivi et d'annonce précoce de la sécheresse repose essentiellement sur le SPI que le Centre climatologique de Beijing a élaboré en se fondant sur sa longue expérience en matière de suivi de la sécheresse et d'évaluation de ses effets. Ce système de suivi et d'annonce précoce de la sécheresse fournit à divers organismes publics ainsi qu'au grand public des renseignements précis sur la sécheresse qui facilitent l'élaboration de mesures destinées à en atténuer les effets. Un certain nombre de produits relatifs au suivi de la sécheresse ont été élaborés notamment: i) un bulletin de suivi de la sécheresse qui s'adresse aux organismes publics et qui est publié à intervalles variables; ii) une séance d'information, consacrée au suivi de la sécheresse et à l'évaluation de ses effets, radiodiffusée à la télévision en circuit fermé chaque mercredi depuis 2004 et iii) des cartes quotidiennes de suivi de la sécheresse<sup>11</sup>.*

### **5- L'Afrique**

#### **ÉTHIOPIE**

*Le Programme Alimentaire Mondial (PAM), la Compagnie de Réassurance AXA Re et l'Agence Météorologique Nationale d'Éthiopie (NMA) ont introduit un produit d'assurance dédié aux éthiopiens les plus exposés aux risques météorologiques graves ou catastrophiques. Ces*

---

<sup>11</sup> Que l'on peut consulter sur le site du Centre Climatologique de Beijing (<http://bcc.cma.gov.cn/en>) depuis février 2003

*moyens concernent le maïs, le teff et le sorgho qui sont les aliments de base de la plupart des éthiopiens ainsi que le mil, le blé et l'orge.*

*Le projet pilote a été mis en marche au titre de la campagne agricole 2006 qui va de mars à octobre. Il couvrait 17 millions de personnes vivant dans 278 Woredas (districts) associées à chacune des 26 stations météorologiques concernées par le projet, réparties dans les zones agricoles du pays.*

*A noter que La perte de revenu de ces populations s'établit à 28 millions de dollars US par an en moyenne. Elle a atteint un maximum de 80 millions de dollars en 1984 et pourrait s'élever théoriquement à 154 millions de dollars dans la pire des hypothèses.*

*Par ailleurs, ce projet pilote ne couvrait pas les éleveurs faute de données démographiques et météorologiques pour les zones où ils sont les plus nombreux.*

*Pour asseoir le projet pilote sur des bases solides, il a été convenu de retenir le principe d'un produit dérivé d'assurance météorologique pour que le fonds d'urgence puisse intervenir efficacement en cas de déficits graves ou catastrophiques des précipitations.*

*Pour l'expérience pilote, le contrat prévoyait le versement de 7,1 millions de dollars pour intervenir d'urgence en vue de faire face à une sécheresse extrême éventuelle. La police d'assurance, contrat dérivé, fondée sur un indice calibré des données pluviométriques provenant des 26 stations météorologiques installées sur le territoire éthiopien, prévoit le versement de fonds lorsque les données collectées de mars à octobre indiquent que les précipitations sont sensiblement inférieures aux moyennes historiques (moyenne sur 30 années) et qu'une mauvaise récolte généralisée est donc probable.*

*Le PAM se charge de la surveillance de cet indice de la sécheresse au jour le jour sur la base des données pluviométriques collectées par les 26 stations météorologiques participantes et communiquées par la NMA. Les fonds sont versés par la Compagnie AXA Re au PAM et mis à la disposition du gouvernement pour indemniser, en temps voulu, les bénéficiaires ultimes, selon les modalités requises.*

*Ce système est basé sur l'indice de satisfaction des besoins hydriques (ISBH) de la FAO, qui montre comment la production des cultures dominantes pratiquées sous chaque microclimat peut être indexée à la quantité de précipitations et à la distribution de celles-ci.*

*En effet, l'ISBH est un indicateur de développement des cultures basé sur la disponibilité d'eau pendant la période de croissance, calculé en utilisant un modèle d'équilibre hydrique entre les plantes et le sol. Les études de la FAO ont montré que l'ISBH peut être relié à la production végétale en appliquant une fonction linéaire spécifique de l'espèce en question (FAO. 1986).*

*L'ISBH est le rapport entre l'évapotranspiration effective saisonnière d'un végétal et les besoins effectifs en eau de la plante. Par conséquent, cet indice permet de suivre les déficits hydriques tout au long de la période de croissance, en tenant compte des étapes phénologiques de l'évolution et des périodes dans lesquelles la disponibilité d'eau est la plus critique pour le développement.*

*En guise de conclusion, ce projet pilote a constitué une première étape dans un processus visant à mettre en place une gestion du risque dans les pays en développement, faisant intervenir les gouvernements, les donateurs et le secteur privé sur le marché international du risque. Une meilleure disponibilité, dans le temps, de financements d'urgence liés à des événements spécifiques permet de déployer une aide plus efficace pour sauvegarder les moyens d'existence et protéger les populations vulnérables d'un dépouillement auto-infligé*

*sous l'effet de la détresse et la cession à perte d'actifs productifs pour parer aux effets météorologiques graves ou catastrophiques.*

*Le Programme alimentaire mondial (PAM) espérait mobiliser 230 millions de dollars US (158 millions d'euros) pour étendre son programme d'assurance sécheresse en Éthiopie et couvrir 6,7 millions de personnes en plus entre 2009 et 2011.*

## **MALAWI**

*En réponse à la grave crise alimentaire qui l'a frappé en 2002 et qui a entraîné une baisse considérable du rendement du maïs, principale denrée alimentaire du pays, le Malawi a mis en œuvre lors de la campagne de 2005/2006 un régime d'assurance climatique- conçu de janvier 2003 à novembre 2004- pour protéger les petits producteurs et permettre au pays de mieux gérer l'insécurité alimentaire.*

*Parmi les données nécessaires à la conception de ce régime figurent la pluviosité et l'évapotranspiration historiques, ainsi que les caractéristiques des sols et les informations agronomiques.*

*En plus du gouvernement, les organismes impliqués sont au nombre de cinq à savoir l'Association nationale des petits exploitants agricoles du Malawi (NASFAM), le Commodity Risk Management Group (CRMG), le Service Météorologique du Malawi, l'institution de microfinance « Malawi Rural Finance Company (MRFC) » et l'institution de microfinance « Opportunity International Banking Malawi (OIBM) ».*

*L'arachide fut la culture retenue pour la phase pilote. La variété choisie fut Chalimbana 2000, un nouvel hybride qui combine rendement élevé et résistance à la sécheresse notamment.*

*Quatre sites ont été sélectionnés en fonction de la présence de la NASFAM, de la production d'arachide et de la proximité d'une station météorologique. Il s'agit de : Nkhotakota, Kasungu, Lilongwe et Chitedze.*

*Pour accéder à ce régime, les agriculteurs devraient remplir un certain nombre de conditions : être membres de la NASFAM, cultiver l'arachide, avoir une quantité suffisante de terres pour semer 0,5 ha avec la nouvelle variété tout en pratiquant, s'ils le désiraient, d'autres cultures et être en règle avec leurs prêteurs.*

*Un total de 882 agriculteurs dans les quatre sites du projet ont été sélectionnés, regroupés en clubs de 10 à 20 membres chacun. Les contrats d'assurance ont été conçus de manière à verser des dédommagements chaque fois que les données relatives à la pluviosité provenant de la station météorologique la plus proche mettent en évidence un déficit à un ou plusieurs stades de la saison agricole. Chaque contrat comporte une clause de "non-semis" qui prévoit le dédommagement de l'agriculteur dans le cas où les précipitations sont insuffisantes à des moments précis (début de saison, la mi-novembre et début du mois de janvier). D'autres clauses sont prévues pour préciser les différents degrés de pluviosité qui sont de nature à déclencher des indemnités durant les trois principaux stades phénologiques (l'établissement, la floraison et la maturation).*

*Contrairement aux contrats d'assurance de type classique, le régime d'assurance en question n'est pas conçu pour faire face aux mauvaises récoltes. D'ailleurs, les nouveaux contrats sont rédigés par rapport à un indice qui quantifie le lien entre le manque de précipitations et la médiocrité des récoltes.*

*Les compensations sont tributaires des précipitations. Dès qu'elles descendent au dessous des points seuils convenus à des étapes clés du développement des plantes, elles génèrent des indemnités.*

*Les principales compagnies d'assurance du Malawi se sont constituées, durant la phase pilote, en consortium- l'Insurance Association of Malawi- pour interioriser le projet. Par la suite et après le déploiement dudit projet, les compagnies ont retrouvé leur liberté pour opérer individuellement dans un cadre concurrentiel.*

*Le contrat global des prêts a été conçu de manière à convenir à l'exploitation moyenne d'un petit cultivateur. Les intrants technologiques ne devraient pas constituer un fardeau difficilement supportable et le montant total prêté ne devrait pas hypothéquer les remboursements.*

*Avant le début de la saison des pluies, chaque club d'agriculteurs participant signe un contrat de prêt en bonne et due forme qui incorpore la prime de l'assurance. Une fois le prêt débloqué, il est transféré en partie par le club à la NASFAM, pour l'achat de semences, et en partie à l'Insurance Association of Malawi, pour régler la prime d'assurance. Par ailleurs, les agriculteurs s'engagent à vendre leur récolte à la NASFAM à un prix garanti.*

*Après la saison, la NASFAM utilise les recettes de la récolte pour rembourser les prêts bancaires et verse le reliquat aux agriculteurs.*

*Quasiment tous les paysans impliqués dans la première année du projet ont désiré renouveler leur participation au titre de la deuxième année. En plus de nouveaux paysans ont souhaité rejoindre le régime.*

*Pour les compagnies, ce projet a été l'occasion inespérée pour pénétrer le secteur des petits exploitants agricoles et élargir ainsi leur marché tout en contribuant à améliorer le taux de bancarisation.*

*Bien qu'on ne dispose pas d'une étude d'évaluation, des informations recueillies lors des entretiens avec les agriculteurs indiquent que ces derniers appréciaient le programme, demandaient son extension pour couvrir des superficies beaucoup plus grandes par agriculteur et proposaient son élargissement à d'autres cultures notamment le maïs. Pour ces agriculteurs, ce programme est largement avantageux dans la mesure où il rend les prêts de production plus accessibles. Enfin, les agriculteurs affirmaient que l'adhésion à ce programme permet l'adaptation à la variabilité et au changement climatiques.*

*A la lumière de ces informations les responsables dudit programme avaient décidé d'augmenter le nombre des agriculteurs adhérents dans les zones pilotes, de couvrir de nouvelles zones et de l'étendre pour couvrir le maïs en plus de l'arachide.*

*L'un des enseignements à tirer de l'expérience du Malawi est que l'assurance contre les risques liés au climat peut être mise en œuvre dans le secteur des petits exploitants agricoles. C'est, d'ailleurs, pour la première fois que ce type d'assurance a été déployé en Afrique en faveur de cette catégorie de paysans.*

## **SÉNÉGAL**

*Basé sur l'utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographiques pour la localisation des zones affectées par la sécheresse, le système sénégalais est intégré au dispositif national de suivi de la campagne agricole et pastorale du Sénégal depuis la campagne 2000 et concerne l'ensemble des régions agricoles et parcours.*

*C'est un dispositif qui s'articule autour de trois composantes principales : l'analyse de la phase initiale de la saison des pluies pour déterminer les conditions d'installation des*

*cultures, analyse qui s'appuie sur un modèle agro-météorologique qui utilise l'estimation des pluies dérivées des données Meteosat, la détermination des anomalies dans la distribution des précipitations par l'utilisation du SPI, indice qui est calculé à partir des données pluviométriques des stations météorologiques du Service Météorologique du Sénégal, et le suivi de la croissance de la végétation par l'utilisation d'une série d'indices : Vegetation Condition Index (VCI) et Indice de Croissance Normalisée (ICN), dérivés des images S10 Spot Vegetation.*

*Le suivi, rendu ainsi possible, permet de produire à chaque décade un bulletin faisant l'état de la croissance de la végétation sur les zones de parcours et de mettre, par ricochet, à la disposition des structures nationales (Direction de l'Élevage et Direction des Eaux, Forêts, Chasse et Conservations des Sols en particulier) les informations collectées susceptibles d'aider à la prise de décision en matière de gestion des ressources naturelles. A cet effet, la quantité (production primaire) et la qualité (composition floristique) du fourrage disponible dans les différentes zones écologiques du pays constituent des éléments essentiels à une bonne planification. En outre, cette activité prise en compte dans le cadre d'un suivi à long terme, peut permettre d'appréhender le processus d'évolution des écosystèmes. L'information sur la situation des cultures et des parcours produite par le CSE est publiée dans des rapports gouvernementaux spécifiques, bulletins décennaires du GTP, bulletins du CSE et bulletins du Comité Interministériel de Suivi de la Campagne.*

## Bibliographie

- AGHRAB, A. 2003:** *Caractérisation de la sécheresse et élaboration des indicateurs climatiques pour sonalerte précoce dans la région de Saïss. Mémoire de fin d'étude. École Nationale d'Agriculture de Meknès.*145p.
- AGHRAB, A. 2004:** *Étude de la sécheresse au Maroc'.Les Editions le Manuscrit .*119 p.
- A. AGHRAB, R. BOUABID and A. CHAFAI ELALAOUI. 2007:** *Drought Characterization using drought indices in two areas of the mediterranean basin: Meknès, Morocco and Córdoba, Spain. Fellah conseil/ Pack info , n°6 imm. Moussaoui, Bd. Prince Héritier, 80 150 Ait Melloul, Agadir, Morocco. École nationale d'Agriculture de Meknès, BP S 40, Meknès, Morocco.*
- AGROASEMEX 2006:** *La experiencia mexicana en el desarrollo y la operación de seguros paramétricos aplicados a la agricultura.*
- AGROASEMEX, S.A. 2006:** *Drought Monitoring Approaches for Parametric Agro-reinsurance reinsurance in Mexico. Prepared for the North American Drought Monitor Workshop. . Mexico City O.*
- AGROASEMEX, S.A. 2006:** *La experiencia mexicana en el desarrollo y operación de seguros paramétricos aplicados a la agricultura. Documento preliminar para discusión.*
- AKHTARI R., BANDARABADI S.R. et SAGHAFIAB B 2000.:** *Spatio-temporal pattern of drought in Northeast of Iran. Water Research Institute, Tehran Province, Iran Soil and Conservation Research Institute, Tehran Province, Iran.*
- ALI UMRAN KOMUSCU 1999:** *Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey.Turkish State Meteorological Service Research Department Kalaba 06120 Ankara, Turkey.*
- ALMEYDA G. and DE PAULA JARAMILLO F. 2005:** *La Equidad Seguros Colombia. CGAP Working Group on Microinsurance Good and Bad Practices Case Study No. 12.*
- ARIAS D., COVARRUBIAS K. 2006:** *Seguros agropecuarios en MesoAmérica: Una oportunidad para desarrollar el mercado financiero rural: Serie de Estudios Económicos y Sectoriales; RE-06-006. RE2-06- 006. Serie de estudios Económicos y Sectoriales. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).*
- ARSHAD S., MORID S., REZA MOBASHERI M. et AGHA ALIKHANI M. 2007:** *Development of agricultural Drought Risk Assessment Model for Kermanshah Provice (Iran), using satellite data and intelligent methods. College of Agruculture, Tarbiat Modares University, P. O. Bix 14115-336, Tehran, Iran. College of Remote Sensing, Khage Nasiredin Toosi University, P. O. Box 15875-4416, Tehran, Iran.*
- BARRY J. AND BARNETT. 2004:** *Agricultural index insurance products: strengths and limitations. Department of Agricultural and Applied Economics University of Georgia. Agricultural Outlook Forum 2004.*
- BARRY J., BARNETT AND MAHUL O. 2007:** *Weather Index Insurance for Agriculture and Rural Areas in Lower Income Countries. The World Bank; The University of Kentucky; The University of Georgia.*
- BORDI AND SUTERA.A. 2007:** *Drouhgt over Europe in recent years. Department of Physics, "Sapienza" University of Rome, Italy.*
- BORDI, K. FRAEDRICH, M. PETITTA AND A. SUTERA 2005:** *Extreme Value Return Times for SPI Time Series: Sicily and Elbe Basin. Department of Physics, university of Rome, Italy. Meteorologisches Institut, Universität Hamburg, D-20146 Hamburg, Germany.*
- BOULLON D.R. 2001:** *Frecuencia de ocurrencia de fenómenos climáticos sistémicos.*

- BRUNETTI A. ET AL. 2003:** *Crops Drought Monitoring and Desertification Processes in Southern Italy. Climagri Climatic Chages and Agriculture, Research 3.1. Ufficio Centrale di Ecologia Agraria. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali.*
- BRUNINI O., GUARDIA ABRAMIDES P.L. et AL 2005:** *Caracterização das adversidades meteorológicas nas regiões produtoras de citrus no estado de São Paulo. Instituto Agrônômico/CIAGRO <http://ciagro.iac.sp.gov.br> - <http://www.infoseca.sp.gov.br> -Av Barão de Itapura- 1481-13.020-902- Campinas- SP.*
- BRYLA E. 2006:** *Using innovative market based risk management instruments to manage drought risk. Commodity Risk Management Group. The World Bank.*
- BRYLA E. AND SYROKA J. 2007:** *Developing Index-Based Insurance for Agriculture in Developing Countries. Innovations news. World Bank. United Nations.*
- CHURCHILL C. et AL. 2004:** *Améliorer la gestion des risques pour les populations pauvres (2004). Micro- Assurance n°3. ADA et Coopération Luxembourgeoise au Développement Groupe de Travail.*
- CORONEL A. y SACCHI O 2006:** *Climatología de eventos secos y húmedos en el Sur Santafesino. Docentes de la Cátedra de Climatología Agrícola Facultad de Ciencias Agrarias. UNR. C.C. N° 14 (S2125ZAA) - Zavalla - Santa Fe – Argentina E-mail: [acoronel@fcagr.unr.edu.ar](mailto:acoronel@fcagr.unr.edu.ar).*
- CUADRAT PRATS J.M.\* y VICENTE-SERRANO S.M.\*\*2004:** *Comportamiento de las sequías en la península ibérica: análisis mediante el standardized precipitation index. \* Departamento de Geografía, Universidad de Zaragoza \*\* Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère (CESBIO).*
- DI MAURO G., BONACCORSO B., CANCELLIERE A. et ROSSI G. 2007:** *Use of NAO index to improve drought forecasting in the Mediterranean area: Application to Sicily region. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Catania, Viale Andrea Doria6, 95125 catania, Italy.*
- E. NÚÑEZ S.(a), N. NÚÑEZ L.(a), P. PODESTÁ G.(b), M. M. SKANSI (a) 2005:** *El índice estandarizado de precipitación como herramienta para la caracterización y el monitoreo de la sequía: una prueba de concepto. (a) Servicio Meteorológico Nacional, Argentina. [snunez@meteofa.mil.ar](mailto:snunez@meteofa.mil.ar) (b) University of Miami, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science [gpodesta@rsmas.miami.edu](mailto:gpodesta@rsmas.miami.edu).*
- FOUILLET C. 2005:** *L'assurance sécheresse : entre gestion du risque climatique et investissement dans les exploitations agricoles BIM.*
- GARRIDO DEL POZO N, MORA GARCÍA M.et al 2006:** *Las sequías climáticas en la cuenca del Duero C. M. T. en Castilla y León INM.*
- HARTELL J., IBARRA J. SKEES J. SYROKA 2006:** *Risk management in agriculture for natural hazards.ISMEA.*
- HELLMUTH MOLLY E., MOORHEAD A. et WILLIAMS J. 2007:** *. Gestion du risque climatique en Afrique: ce que la pratique nous enseigne. Climat et Société n°1. The International Research Institute for Climate and Society (IRI). The Earth Institute at Columbia University, Lamont Campus 61 Route 9W, Monell Building Palisades, NY 10964-8000, USA E-mail : [hellmuth@iri.columbia.edu](mailto:hellmuth@iri.columbia.edu). Copyright © International Research Institute for Climate and Society. ISBN 978-0-9729252-4-2.*
- HESS U. 003:** *Innovative Financial Services for Rural India Monsoon-Indexed Lending and Insurance for Smallholders (2003). Agriculture & Rural Development Working Paper 9. The World Bank. Agricultural and Rural Department (ARD). 27096.*

**HESS U., IBARRA H. 2005:** Programa de asistencia tecnica para la implementacion de proyectos piloto de seguros por indice. Banco Mundial Antigua, Guatemala Mayo 9-12, 2005. Commodity Risk Management.

**HESS U., SYROKA J. 2005:** Weather-based Insurance in Southern Africa The Case of Malawi. Agriculture and Rural Development Discussion Paper 13. The World Bank (2005). The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank 1818 H Street, NW Washington, DC 20433.

**HURTADO MORENO G. ET AL.:** Atlas climatologico de Colombia. ISBN 958-8067-14-6. Capitulo: fenómenos adversos: la sequia en Colombia.

**Houcine Adil :** Caractérisation agro-climatique de la sécheresse et contribution à l'élaboration d'une application SIG pour son suivi spatio-temporel à l'échelle régionale. Institut Agronomique et Vétérinaire Hass II- Mémoire de 3 ème cycle- juillet 2002

**I. BORDI (1), K. FRAEDRICH (2), M. PETITTA (1) and A. SUTERA (1) 2005:** Extreme value return times for SPI time series: Sicily and Elbe basin (1) Department of Physics, University of Rome "La Sapienza", P.le Aldo Moro 2 00185 Rome, Italy (2) Meteorologisches Institut, Universität Hamburg, D-20146 Hamburg, Germany. Union 2005. Geophysical Research Abstracts, Vol. 7, 04333, 2005 SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-04333 © European Geosciences.

**I. BORDI AND A. SUTERA 2007:** Drought over Europe in recent years. Department of Physics, Sapienza University of Rome.

**JEPSEN J., SKEES J. 2006:** Mitigating Weather Risk RAFI notes Mitigating Weather Risk (2006). USAID's Offices of Agriculture and Microenterprise Development. Global Ag Risk.

**JINGFENG XIN.2006:** Drought Manegement in China. China Institute of Water Resources and hydropower Research.

**KOMUSCU U. 1999:** Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey. Turkish State Meteorological Service Research Department. Kalaba 06120 Ankara, Turkey. A Newsletter of the International Drought Information Center and the National Drought Mitigation Center; Volume 11 n° 1.

**L. GIDDINGS, M. SOTO, B. M. RUTHERFORD, A. MAAROUF 2001:** Standarized precipitation Index for México. Atmósfera, enero, año/volumen 18. n° 001. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp 35-56. red de rebistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. ISSN 01887-6236.

**LIU LIANYOU WU WEI 2007:** Drought in asia and the Pacific. Regional Implementation Meeting (RIM) for Asia and the Pacific for the CSD-16. . International Center for Drought Risk Reduction, Beijing, China. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, MOCA & MOE, Beijing Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, MOE, China. Jakarta, Indonesia. Nov. 26, 2007. Jakarta, Indonesia.

**LLOYD-HUGHES B.a,\* and SAUNDERS M.A.a. A 2002:** Drought climatology for Europe. a) Department of Space and Climate Physics, University College London, Holmbury St Mary, Dorking, Surrey RH5 6NT, UK b Benfield Greig Hazard Research Centre, University College London, Gower Street, London WC1E 6BT, UK Received 5 February 2002 Revised 17 June 2002 Accepted 17 June 2002. INTERNATIONAL

**JOURNAL OF CLIMATOLOGY** Int. J. Climatol. 22: 1571–1592 (2002) Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/joc.846.

**MADR 2005:** Résultats du programme de garantie de la production céréalière contre la sécheresse (2005). Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes du Royaume du Maroc.

**MAHUL O. SKEES J. 2007:** Managing Agricultural Risk at the Country Level: The Case of Index-Based Livestock Insurance in Mongolia. Policy Research Working Paper 4325. The World Bank Financial and Private Sector Development Financial Markets for Social Safety Net Unit.

**MAMDA. 2006:** Programme de garantie de la production céréalière contre la sécheresse. Conférence régionale sur l'assurance et la réassurance des risques catastrophes naturelles en Afrique.

**MARTINI M. (1), SOUMARE P.B. (2), NDIONE J.A. (3) and TOURE A.(4). 2004:** Crops and rangeland monitoring in Senegal using spot 4/5 vegetation data. (1) Istituto Agronomico per l'Oltremare – via A. Cocchi, 4 – Florence – Italie – martini@cse.sn (2) (3) (4) Centre de Suivi Ecologique – rue Gontran Damas – BP15532 – Fann Résidence – Dakar – Sénégal (2) psoumare@fews.net - (3) jacquesandre.ndione@cse.sn - (4) assize@cse.sn.

**Ministère de l'Agriculture, du développement rural et des pêches maritimes ( Maroc):** Sécurisation d'une production céréalière minimale à hauteur de 60millions de quintaux – Avant projet –Septembre 1999.

**MOLLY E. HELLMUTH, ANNE MOORHEAD ET JIM WILLIAMS 2007:** Gestion du risque climatique en Afrique : Ce que la pratique nous enseigne. The International Research Institute for Climate and Society (IRI) The Earth Institute at Columbia University, Lamont Campus.

**MORMENEO I.1 Y DÍAZ R. 2.1997:** Método para clasificar la anomalía de las lluvias A method of classifying rainfall anomalies. SCIAN (1997). Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 159-167, 2003 Recebido para publicação em 07/05/2002. Aprovado em 19/12/2002. ISSN 0104- 1347.

**MYONG GOO KANG.2007:** Innovative agricultural insurance products and schemes. Agricultural Management, Marketing and finance occasional paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2007.

**NANCY MCCARTHY 2003.:** Demand for rainfall-index based insurance: a case study from Morocco. Environment and Production Technology Division. International Food Policy Research Institute 2033 K Street, N.W. Washington, D.C. 20006 U.S.A. EPTD DISCUSSION PAPER NO. 106.

**NIEMEYER.S 2008:** New Drought Indices. European Commission, DG Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability T. P. 261, JRC-IES, I-21020 Ispra (VA) Italy.

**NUÑEZ LÓPEZ D., MUÑOZ ROBLES C.A., GADSDEN H., REYES-GÓMEZ V. 2007:** Caracterización de la sequía a diversas escalas de tiempo en Chihuahua, México (2007). Agrociencia. abril-mayo, año/vol.41, número 003. Colegio de Postgraduados Texcoco, México pp. 253-262. Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Universidad Autónoma del Estado de México.

**NUÑEZ, S.E., NUÑEZ, L.N., PODESTÁ, G.P., SKANSI, M. 2005:** El Índice Estandarizado de Precipitación como herramienta para la caracterización y el monitoreo de la sequía: una prueba de concepto. SMN (Argentina) y University of Miami (USA). Abstract submitted to CONGREMET IX, 9<sup>th</sup> Argentine Congress of Meteorology. Buenos Aires.

**ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE 2006:** Suivi de la sécheresse et alerte précoce: principes, progrès et enjeux futurs. L'information météorologique et climatologique au profit d'un développement agricole durable. OMM-N° 1006 © 2006, Organisation météorologique mondiale ISBN 92- 63-21006-3.

**OSGOOD D. 2007:** *Index Insurance and Climate Risk Management In Malawi: Theory and Practice (mostly practice)*. CPASW, Seattle [deo@iri.columbia.edu](mailto:deo@iri.columbia.edu) Material contributed by: Miguel Carriquiry, Ashok Mishra, Nicole Peterson. Support: World Bank CRMG, IRI, CU-CRED.

**Programme d'Appui aux Associations Professionnelles (PAAP):** *Etude stratégique sur les perspectives d'évolution du secteur meunier- Maroc- Rapport final( non date)*

**R.LESTER, P. VARANGIS ET AL. 2001:** *Assurance basée sur les indices pluviométriques. Rapport de l'étude de faisabilité*. Banque Mondiale. Département de l'Économie du Développement. Développement Rural. Royaume du Maroc.

**RODNEY M. AND LESTER R. 2001:** *Assurance climatique : Faisabilité au Maroc*. Département du Développement du Secteur Financier La Banque Mondiale. La Banque Mondiale La Société Financière Internationale Ministère de l'agriculture, du développement rural et des eaux et forêts Rabat, jeudi le 5 avril 2001.

**ROJAS O, RODRÍQUEZ J. Y RIVAS R 2000:** *Vulnerabilidad agroclimática e índices de precipitación para el seguro de cosechas en Nicaragua*. Consultor Banco Mundial. Teledetección, MAGFOR, Seguimiento Ciclo Agrícola, MAGFOR.

**ROSSI G., NICOLOSIAND V., CANCELLIERE C. 2008:** *Recent Methods ant techniques for managing hydrological drought*. Deàrtment of Cibil and Engineering, University os Catania, Italy.

**ROTH J. 2008:** *Assurance indexée – nouveau moyen pour stabiliser les revenus des ruraux pauvres*. Rural 21 – 01/2008. thème phare – systèmes de sécurité sociale. Centre de micro-assurance. Edinburgh, Royaume-Uni. [jroth@microinsurancecentre.org](mailto:jroth@microinsurancecentre.org).

**SERRANO S.V. 2003:** *Evaluación de las consecuencias ambientales de las sequías en el sector central del Valle del Ebro mediante imágenes de satélite: posibles estrategias de mitigación*. Consejo Económico y Social de Aragón Avda. César Augusto, 30. Ed. Verdi, 1º H Teléfono: 976 21 05 50 - Fax: 976 21 58 44 50004 Zaragoza Correo electrónico: [cesa@aragon.es](mailto:cesa@aragon.es) Web: [www.ces.aragon.es](http://www.ces.aragon.es). Z-219/06. 2003.

**SEV\_NÇ SIRDAS, ZEKAI SEN 2003:** *Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques*, 48(5) October 2003 Open for discussion until 1 April 2004 809 Spatio-temporal drought analysis in the Trakya region, Turkey. Hydrometeorology Group, Meteorology Department, \_stanbul Technical University, Maslak 34469, \_stanbul, Turkey. Hydraulic Division, Civil Engineering Department, \_stanbul Technical University, Maslak 34469, \_stanbul, Turkey.

**SKANSI M. M.(1), NÚÑEZ S.(1), BERRÍOS CÁCERES S. (1) y PODESTÁ G. 2001:** *Un nuevo producto operacional para monitorear la ocurrencia y duración de períodos secos y húmedos usando el índice de precipitación estandarizado*. Servicio Meteorológico Nacional (SMN) Argentina, [mms@meteofa.mil.ar](mailto:mms@meteofa.mil.ar) (2)University of Miami, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, [gpodesta@rsmas.miami.edu](mailto:gpodesta@rsmas.miami.edu).

**SKEES J., ANNE MURPHY, AND MICHAEL J. MCCORD 2007:** *Innovations in Insurance for Weatherrelated Losses: Index Insurance (2007)*. Microinsurance NOTE 5. GlobalAgRisk inc and Microinsurance Centre, llc.

**SKEES J., GOES A., AND SULLIVAN C. 2006:** *Index insurance for weather risk in lower-income countries*. United States Agency for International Development. It was prepared by GlobalAgRisk, Inc., Lexington, Kentucky, under contract to DAI Washington. GlobalAgRisk.

**SKEES J.R. AND COLLIER B. 2008:** *The Potential of Weather Index Insurance for Spurring a Green Revolution in Africa*. GlobalAgRisk.Inc. The Watkins House • 1008 South Broadway Lexington KY 40504 • 859 - 489 - 6203 Dr. Jerry Skees, President • [www.globalagrisk.com](http://www.globalagrisk.com).

**SKEES J.S. AND HESS U. 2003:** *Evaluating India's crop failure policy focus on the Indian crop insurance program delivered to the South Asia region of the World Bank.* GlobalAgRisk, inc. the watkins house 1008 s. Broadway Lexington, KY 40504.

**SKEES, J., GOBER, S., VARANGIS, P., LESTER, R. y KALAVAKONDA, V. 2001:** *Developing rainfall-based index insurance in Morocco.* Policy Research Working Paper 2577. Banco Mundial. STOPPA A. AND HESS U. 2003: *Design and Use of Weather Derivatives in Agricultural Policies: the Case of Rainfall Index Insurance in Morocco.* International Conference Agricultural policy reform and the WTO: where are we heading? Capri (Italy), June 23-26. Sibou Tarik : *Caractérisation hydro-climatique et agronomique de la sécheresse dans le bassin d'Oum-er-rabia.* Institut Agronomique et Vétérinaire Hassn II- Mémoire de 3ème cycle- Septembre 2005.

**THE WORLD BANK 2005:** *Managing Agricultural Production Risk Innovations in Developing Countries.* Agriculture and Rural Development Department Agriculture & Rural Development Department. World Bank 1818 H Street, N.W. Washington, D.C. 20433 <http://www.worldbank.org/rural> Managing Agricultural Production Risk. REPORT NO. 32727-GLB.

**TOCCI JUANA. 2002:** *Argentina: Riesgo y seguro.* Oficina Riesgo Agropecuario (ORA). Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación.

**USAID 2006:** *Index insurance for weather risk in lower-income countries.* USAID. GlobalAgRisk, Inc., Lexington, Kentucky.

**VARANGIS P., SKEES J.R., BARNETT B.J. 2002:** *Climate Risk and the weather market. Financial risk management with weather hedges.* World Bank. The University of Kentucky; The University of Georgia. Risk Waters Group Ltd 2002. ISBN1 899 332 52 9. Edited by Robert s. Dischel. Haymarket house London SW1Y 4RX.

**VENKAT N. VEERAMANI LEIGH J. MAYNARD JERRY R. SKEES 2005:** *Assessment of the Risk Management Potential of a Rainfall Based Insurance Index and Rainfall Options in Andhra Pradesh, India.* Indian Journal of Economics & Business, Vol. 4, No. 1: 195-208.

**VICENTE-SERRANO S.M Y CUADRAT-PRATS J.M. 2004:** *Seguimiento espacio-temporal de las sequías mediante sistemas de información geográfica: aplicación y validación en el sector central del Valle del Ebro* Departamento de Geografía. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna 12. 50009. Zaragoza. España. e-mail: [svicen@unizar.es](mailto:svicen@unizar.es).

**WENNER.M.D. 2005:** *Los seguros agrícolas: evolución y perspectivas en América Latina y el Caribe.* Washington, DC Octubre de 2005 – No. RUR-05-02.

**WILLIAM J. DICK. 2006:** *Weather Index Insurance for Agriculture.* Commodity Risk Management Group The World Bank 13th October 2006. ARD Agricultural and Rural Development.

**WORKSHOP INTERNATIONAL 2005:** *Téledétection et Systèmes d'Information Géographique "Information Spatiale et Développement Durable" 14 au 16 novembre 2005* Rabat. Agence Universitaire de la Francophonie, Ambassade de France au Maroc, CNRST, Ecole Mohammedia d'Ingénieurs, GEOMATIC, INRH, M.A.T.E.E. Documents de l'Institut Scientifique, Rabat, n°20 2006. ISSN : 0251-4249.

**WORLD FOOD PROGRAMME 2006:** *Informe parcial sobre el proyecto piloto de seguro contra la sequía en Etiopía.* Informe operacionales, tema 10. WFP/EB:A/2006/10-A/Rev-1.

**Sites internet d'intérêt:**

<http://ccc.atmos.colostate.edu/standardizedprecipitation.php>

<http://hercules.cedex.es/indhdr/publico/SeqIPE.htm>

<http://ram.meteored.com/numero22/deena.asp>

<http://siteresources.worldbank.org/INTFR/Resources/WBERIndiaInsurance022707Townsendetal.pdf>  
<http://web.worldbank.org>  
<http://www.afrik.com/article9634.html>  
[http://www.agr.gc.ca/pfra/drought/nlspidesc\\_f.htm](http://www.agr.gc.ca/pfra/drought/nlspidesc_f.htm)  
<http://www.agricorp.com>  
<http://www.agrnewsinteractive.com/archives/article-3068.htm>  
<http://www.axa.com/fr/responsable/pf/assurancedommages/santesecuriteassistance/>  
<http://www.chguadalquivir.es>  
[http://www.drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi\\_program.htm](http://www.drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi_program.htm)  
<http://www.ewra.net/drinc>  
<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Investigacion/revista/rev9/1.htm>  
<http://www.ideam.gov.co/files/atlas/Sequias.htm>  
<http://www.infoseca.sp.gov.br>  
[http://www.lamicrofinance.org/resource\\_centers/micro\\_assurance](http://www.lamicrofinance.org/resource_centers/micro_assurance)  
<http://www.monografias.com>  
<http://www.ora.gov.ar>  
<http://www.smn.gov.ar>  
<http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/software/palmer/spi>