

La menace climatique dans la région MENA

Dr. Assaad Ghazouani

Résumé :

La vulnérabilité actuelle face au changement climatique et aux événements extrêmes, constitue un grand danger pour les systèmes agricoles. Cette vulnérabilité dépend de la sensibilité et de l'exposition aux conditions climatiques, et sur la capacité à s'adapter à l'évolution de ces conditions.

La région MENA est un exemple d'une région du monde qui est actuellement très vulnérables à l'insécurité alimentaire. Les inondations, Les conditions de sécheresse et les infestations de ravageurs sont quelques-uns des facteurs de stress actuels sur la sécurité alimentaire qui peuvent être influencées par les changements climatiques futur.

L'ensemble des initiatives de développement liées à l'agriculture et les options de réponse en cours peuvent être limités par des structures institutionnelles inefficaces et le manque d'information avec des conséquences potentiellement négatives pour les futures adaptations à des périodes de stress accru.

S'inscrivant dans ce contexte on a essayé d'analyser l'impact des changements climatiques (hausse des températures) sur le blé dans la région MENA, et il s'est avéré que les changements climatiques ont un impact catastrophiques sur le rendement du blé, ce qui augmentera la vulnérabilité de ces pays a l'insécurité alimentaire, d'ou la nécessité d'élaborer des stratégies d'adaptation.

Introduction

Au cours des cinq dernières années, le monde a été touché par une série de crises économiques, financières et alimentaires qui ont ralenti, et parfois contrarié, les efforts mondiaux pour réduire la pauvreté et la faim. Aujourd'hui, la volatilité des prix et les chocs climatiques – telle la sécheresse dévastatrice qui a frappé la Corne de l'Afrique – continuent à compromettre gravement ces efforts.

La flambée des prix des denrées alimentaires qui s'observe sur les marchés mondiaux depuis 2006 s'inscrit vraisemblablement dans une tendance à long terme haussière et plus instable, du fait d'un déséquilibre entre la demande et l'offre de produits alimentaires, déséquilibre exacerbé par des conditions climatiques plus erratiques et extrêmes et par un mauvais fonctionnement des marchés agricoles. La plus forte corrélation entre les prix des denrées alimentaires et les prix de l'énergie constitue un important facteur qui pourra aggraver la situation.

Partant de ce constat, nous essayerons dans cet article d'évaluer empiriquement l'impact des changements climatiques (hausse des températures) sur la production du blé dans les pays de la région MENA. Au niveau méthodologique on est désormais placé dans une approche dynamique propre à chaque pays. La question qui se pose à ce niveau est comment va évoluer la production du blé dans ces pays dans le contexte des changements climatiques ?

Nous passeront en revue les principales études qui ont traité ce sujet au niveau de la première section, dans la seconde section le modèle utilisé et les données et finalement en troisième section les principaux résultats.

1. Revue de littérature empirique

Gallup et al. (1999) mettent l'accent sur la relation entre la géographie, la croissance macro-économique et l'Etat, ainsi sur le rôle direct de la géographie sur la productivité. Ils expliquent que les changements climatiques ont des effets importants sur le revenu par le biais des coûts de transport et la productivité agricole.

Dell et al. (2009) examinent l'impact des variables climatiques - la température moyenne et les précipitations moyennes sur le revenu et le PIB pour 12 pays de l'hémisphère nord entre 1950- 2000. L'analyse OLS reflète l'impact négatif de la température.

Bartomeus et al (2013) en utilisant un panel de 134 pays entre 1950 et 2005 suggèrent que les années chaudes sont associées à une faible production par habitant dans les pays aux climats chauds et une production par habitant plus élevée pour les pays aux climats froids.

Selon Agoumi et al, 1999, Au Maghreb, les ressources hydriques sont vulnérables aux variations du climat. L'eau et sa gestion sont des problèmes déjà présents conditionnant l'avenir de cette région, indépendamment de tout changement climatique. La forte sensibilité des bassins hydrologiques à de faibles écarts des variables climatiques implique que le volume d'eau mobilisable sera fortement touché par la diminution du ruissellement.

Le Houérou, 1992 a montré que si l'augmentation de la teneur en CO₂ de l'atmosphère peut augmenter les rendements de certaines cultures, dans le bassin méditerranéen et plus particulièrement en Afrique du Nord, cet effet doit être contrecarré par le risque de diminution des disponibilités en eau et par l'accentuation d'une dynamique déjà engagée d'accroissement des déficits hydriques subis par l'agriculture. Le processus de changement climatique se traduira par un déplacement vers le nord des étages bioclimatiques méditerranéens, conduisant en Afrique du Nord à une remontée des zones arides et désertiques.

Les modèles de Rozensweig et Tubiello, 1997 ; Bindi et Moriondo, 2005 prévoient une baisse des rendements agricoles au Maghreb, L'augmentation des températures, la diminution des précipitations et l'augmentation de leur variabilité implique en effet un décalage et une réduction des périodes de croissance, ainsi qu'une accélération de la dégradation des sols et de la perte de terres productives. Une réduction des disponibilités en eau et une augmentation des besoins sont à prévoir pour l'agriculture pluviale et irriguée, causée par les modifications du régime des pluies, la hausse de l'évapotranspiration et l'élévation du niveau de la mer, accentuant ainsi les risques de sécheresses aux périodes cruciales des cycles des cultures.

2. méthodologie

2.1. Spécification du modèle

Assurer la sécurité alimentaire et satisfaire les besoins alimentaires continuera d'être une problématique d'actualité. Il est urgent de développer de nouvelles techniques de prévision qui dépendront des variables plus fiables et plus objectives. Dans cette perspective, les fonctions de production sont des outils de planification et de référence pour les décideurs, les producteurs et les consommateurs.

Dans cette recherche nous avons construit une fonction de production du type Cobb douglas pour le ble et le riz, (cultures les plus dominantes dans cette région). La fonction de production de type Cobb-Douglas a déjà été utilisée par plusieurs chercheurs dans des contextes similaires (Griliches (1964), Wampach (1967), Cline (1970), Corbo et Dufour (1978)).

L'estimation d'une fonction de production Cobb-Douglas est généralement faciles à effectuer par exemple par la méthode des moindres carrés ordinaires et permet de soulever plusieurs problèmes notamment celui des estimations biaisé ou de l'omission des variables. Si on omit certains variables et dans le cas d'une corrélation négative entre les variables omis, le biais sous-estimera les variables incluses dans l'équation, dans le cas d'une corrélation positive avec les autres intrants le résultat final sur-estimera les coefficients d'élasticité affectés à ces intrants.

Le modèle suivant est fondé sur une approche en termes de fonction de production Cobb Douglas. La production du blé (*Blé*) est fonction des quatre facteurs de production : les terres arables (*Arable*), la superficie irrigué (*Irrig*), la température (*Temp*), et l'emploi agricole (*Empl*).

$$Blé = f(Arable, Irrig, Temp, Empl) \quad (1)$$

D'après les fonctions (1) et (2) notre modèle s'écrit

$$Blé = \alpha + \beta Arable + \gamma Irrig + \delta Temp + \theta Empl \quad (2)$$

Pour étudier l'impact des changements climatique sur le blé, on se sert des équations (2), équations qui décrivent la relation entre la production du blé et les terres arables, la superficie irrigué, la température et l'emploi agricole.

L'évaluation de l'effet d'un choc climatique sur les dynamiques de long et de court terme, se fera par l'intermédiaire d'une modélisation de type MCE (modèle à correction d'erreurs) ou VAR (Vecteur Autorégressif). Pour chaque type de culture, l'objectif est de connaître sa fonction de réponse impulsionnelle suite à un choc climatique. Les données à exploiter dans l'analyse empirique sont extraites de la base de données de la banque mondiale, du FAO et du NOAA, ces données sont annuelles et couvrent la période qui s'étale de 1980-2013.

2.1. Estimations

2.2.1. Fonction de réponse impulsionnelle

La méthodologie MCE offre la possibilité d'analyser les relations dynamiques à court terme entre les variables du modèle à travers l'étude de la réponse dynamique suite à un choc unitaire subit par la série.

En général, l'analyse d'un choc consiste à mesurer l'impact de la variation d'une action (innovation, choc, impulsion) sur des variables. Par exemple à partir du modèle du blé estimé pour l'inde :

$$Blé = \beta Arable_{t-n} + \gamma Irrig_{t-n} + \delta Temp_{t-n} + \theta Empl_{t-n} + \epsilon_{1t}$$

$$Arable = \beta Arable_{t-n} + \gamma Irrig_{t-n} + \delta Temp_{t-n} + \theta Empl_{t-n} + \epsilon_{1t}$$

$$Irrig = \beta Arable_{t-n} + \gamma Irrig_{t-n} + \delta Temp_{t-n} + \theta Empl_{t-n} + \epsilon_{1t}$$

$$Temp = \beta Arable_{t-n} + \gamma Irrig_{t-n} + \delta Temp_{t-n} + \theta Empl_{t-n} + \epsilon_{1t}$$

$$Empl = \beta Arable_{t-n} + \gamma Irrig_{t-n} + \delta Temp_{t-n} + \theta Empl_{t-n} + \epsilon_{1t}$$

Une variation à un instant donné de ϵ_{1t} a une conséquence immédiate sur blé_t puis sur $Arable_{t+1}$, $Irrig_{t+1}$, $Temp_{t+1}$, et $Empl_{t+1}$ par exemple s'il se produit en t un choc sur ϵ_{1t} à 1, nous avons l'impact suivant :

À la période t :

$$\begin{bmatrix} \Delta Blé_t \\ \Delta Arable_t \\ \Delta Irrig_t \\ \Delta Temp_t \\ \Delta Empl_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

À la période t+1 :

$$\begin{bmatrix} \Delta blé_{t+1} \\ \Delta Arable_{t+1} \\ \Delta Irrig_{t+1} \\ \Delta Temp_{t+1} \\ \Delta Empl_{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta & \gamma & \delta & \varphi & \theta \\ \beta & \gamma & \delta & \varphi & \theta \\ \beta & \gamma & \delta & \varphi & \theta \\ \beta & \gamma & \delta & \varphi & \theta \\ \beta & \gamma & \delta & \varphi & \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta \\ \beta \\ \beta \\ \beta \\ \beta \end{bmatrix}$$

À la période t+2 :

$$\begin{bmatrix} \Delta blé_{t+2} \\ \Delta Arable_{t+2} \\ \Delta Irrig_{t+2} \\ \Delta Temp_{t+2} \\ \Delta Empl_{t+2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta & \gamma & \delta & \varphi & \theta \\ \beta & \gamma & \delta & \varphi & \theta \\ \beta & \gamma & \delta & \varphi & \theta \\ \beta & \gamma & \delta & \varphi & \theta \\ \beta & \gamma & \delta & \varphi & \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \beta \\ \beta \\ \beta \\ \beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta^2 + \gamma\beta + \delta\beta + \varphi\beta + \theta\beta \\ \beta^2 + \gamma\beta + \delta\beta + \varphi\beta + \theta\beta \\ \beta^2 + \gamma\beta + \delta\beta + \varphi\beta + \theta\beta \\ \beta^2 + \gamma\beta + \delta\beta + \varphi\beta + \theta\beta \\ \beta^2 + \gamma\beta + \delta\beta + \varphi\beta + \theta\beta \end{bmatrix}$$

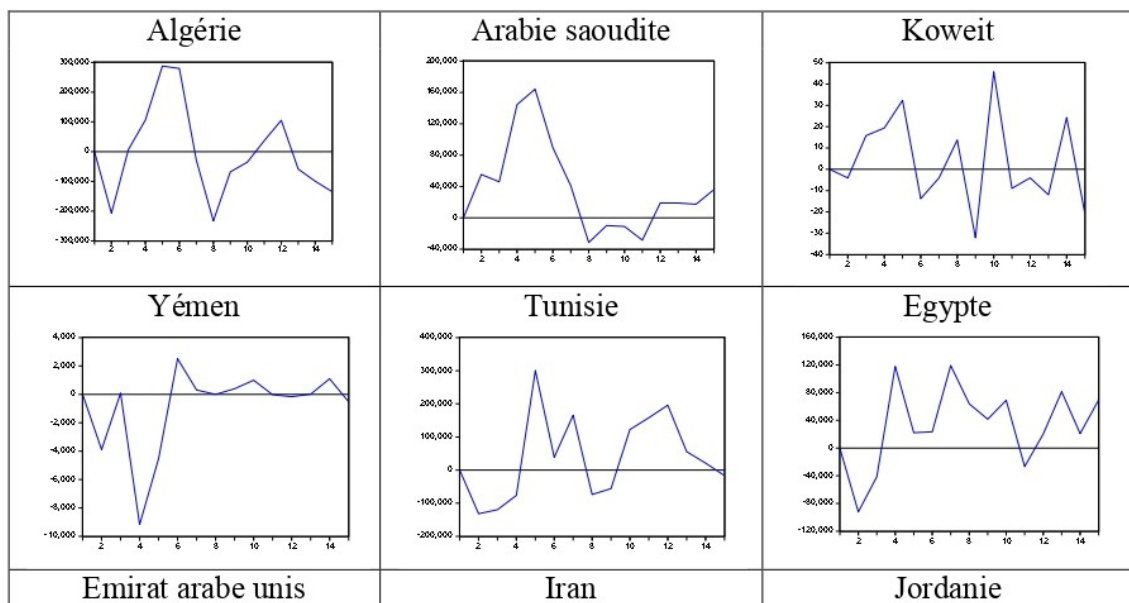
Etc....

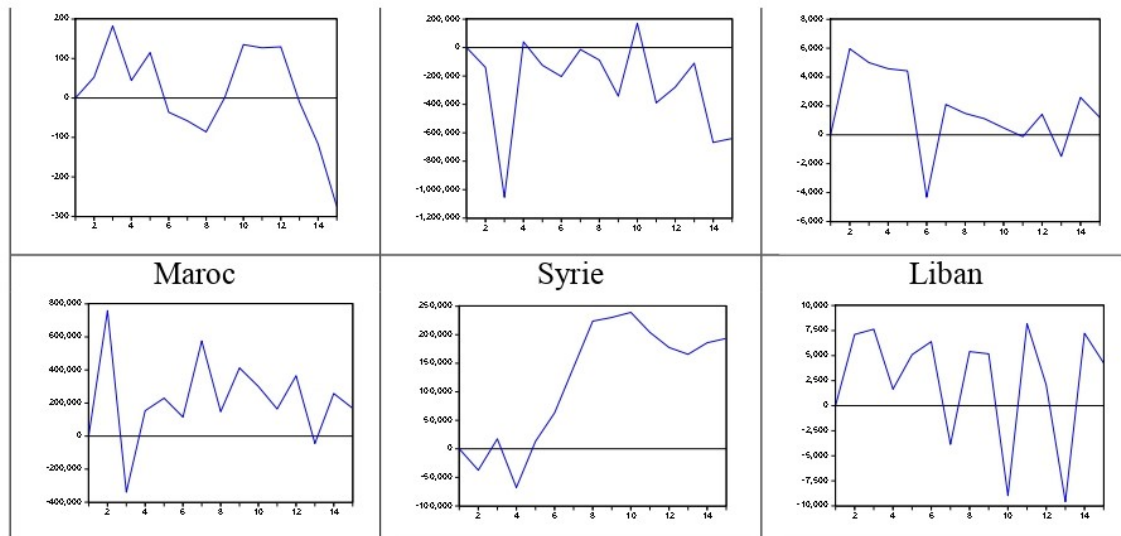
Les différentes valeurs ainsi calculées constituent la fonction de réponse impulsionnelle.

L'analyse des fonctions de repenses impulsionnelle sur les figures suivantes révèle que la variation des températures affectent négativement la production du blé dans la plus part des pays de la région MENA.

Les changements dans la configuration des températures augmentent la probabilité de mauvaises récoltes à court terme et des baisses de production à long terme. Bien qu'il y ait des gains dans certains pays de la région MENA, les impacts globaux des changements climatiques sur la production du blé devraient être négatifs, menaçant la sécurité alimentaire des pays de la région.

Impacts de la hausse des températures sur la production du blé dans la région MENA





Source : A.Ghazouani et H.Jaouadi

III.2. décomposition de la variance

L'objectif de la décomposition de la variance de l'erreur de prévision est de calculer pour chacune des innovations sa contribution à la variance de l'erreur. Par une technique mathématique, on peut écrire la variance de l'erreur de prévision à un horizon h en fonction de la variance de l'erreur attribué à chacune des variables, il suffit ensuite de rapporter chacune de ces variances à la variance totale pour obtenir son poids relatif en pourcentage.

Si on prend le modèle qui présente la Tunisie, on s'intéresse par exemple a deux variables $blé_{1t}$ et $temp_{2t}$, la variance de l'erreur de prévision pour $blé_{1t+h}$ peut s'écrire :

$$\sigma_{blé_1}^2(h) = \sigma_{\varepsilon_1}^2 [m_{11}^2(0) + m_{11}^2(1) + \dots + m_{11}^2(h-1)] + \sigma_{\varepsilon_2}^2 [m_{22}^2(0) + m_{22}^2(1) + \dots + m_{22}^2(h-1)]$$

Où les m_{ii} sont les termes de la matrice M.

A l'horizon h , la décomposition de la variance, en pourcentage, des propres innovations de $blé_{1t}$ sur $blé_{1t}$, est donnée par :

$$\frac{\sigma_{\varepsilon 1}^2 [m_{11}^2(0) + m_{11}^2(1) + \dots + m_{11}^2(h-1)]}{\sigma_{bl\acute{e}1}^2(h)}$$

Et la décomposition de la variance, en pourcentage, des innovations de $bl\acute{e}_{1t}$ sur $temp_{2t}$ est donnée par :

$$\frac{\sigma_{\varepsilon 2}^2 [m_{22}^2(0) + m_{22}^2(1) + \dots + m_{22}^2(h-1)]}{\sigma_{temp_{2t}}^2(h)}$$

L'interprétation des résultats est importante :

- Si un choc sur ε_{1t} n'affecte pas la variance de l'erreur de $temp_{2t}$ quelque soit l'horizon de prévision, alors $temp_{2t}$ peut être considéré comme exogène car $temp_{2t}$ évolue indépendamment de ε_{1t} .
- Si un choc sur ε_{1t} affecte fortement (voir totalement) la variance de l'erreur de $temp_{2t}$, alors $temp_{2t}$ peut être considéré comme endogène.

Dans la pratique, les résultats ne sont pas aussi marqué mais indique la contribution de chacune de des variables a la variance de l'erreur.

La décomposition de la variance de l'erreur de prévision permet d'évaluer, pour plusieurs horizons temporels, l'importance relative des différents chocs sur les fluctuations des variables dépendantes du modèle. Dans notre cas, on utilise cette décomposition pour mesurer l'ampleur relative de choc des variations des températures sur la fluctuation de la production du blé. La décomposition de la variance de l'erreur de prévision analyse dans quel sens l'impact d'un choc à le plus d'importance.

Part des températures dans la variation de la production du blé dans les pays de la région MENA

Période	DZA	SAU	KWT	YEM	TUN	EGY	ARE	IRN	JOR	MAR	SYR	LBN
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	3.40	0.57	0.07	1.63	9.78	2.72	0,73	0,25	8,81	14,29	0,18	15,46
3	5.13	0.55	0.92	1.31	10.35	2.84	7,34	11,90	12,61	14,23	0,15	26,57
4	5.84	1.78	1.75	5.79	11.86	5.74	6,94	9,87	14,64	14,24	0,48	26,05
5	11.15	2.81	3.58	5.27	28.06	5.46	8,68	8,92	16,06	14,85	0,44	24,08
6	21.68	2.69	3.86	5.27	24.70	4.45	8,51	8,88	18,04	13,91	0,61	24,64
7	23.14	2.28	3.57	4.96	26.14	6.23	8,22	7,52	18,43	18,31	1,52	23,89
8	21.79	2.01	3.62	4.36	25.51	6.29	8,41	7,24	18,13	17,89	3,02	26,27
9	23.11	1.81	4.47	4.16	25.17	5.96	7,15	7,43	17,45	19,21	3,63	28,11

10	27.78	1.67	6.60	4.11	25.85	6.21	8,53	6,87	16,93	20,01	3,73	29,33
11	27.49	1.59	5.53	4.10	27.55	6.15	7,69	7,47	16,85	20,07	3,50	32,41
12	27.12	1.51	4.38	4.06	28.99	5.96	6,32	7,31	16,96	21,17	3,34	30,39
13	27.62	1.44	3.98	4.01	27.85	6.55	3,27	6,56	17,04	21,04	3,25	33,83
14	28.20	1.37	3.47	3.99	27.10	6.39	2,04	7,63	17,51	21,55	3,30	34,20
15	27.72	1.32	3.19	3.90	26.69	6.57	1,89	7,77	17,54	21,72	3,38	33,10

Source : A.Ghazouani et H.Jaouadi

Selon le tableau 1, on constate que la production du blé est fortement influencée par la variation des températures au Maroc, en Algérie, en Tunisie, au Liban et en Jordanie. Le choc sur les températures contribue respectivement à hauteur de 21.71%, 27.72%, 26.69%, 33.10% et 17.54% dans l'explication de la variance de la production du blé à un horizon de 15 ans, l'influence de ce choc prend de l'importance à mesure que l'on s'éloigne de l'instant de sa survenance. Ces pays à l'exception du Jordanie appartiennent au climat méditerranéen caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers humides et doux. C'est un climat sensible à la variation des températures.

Les autres pays appartiennent à un climat aride caractérisé par une aridité permanente pendant toute l'année et les précipitations et les nuages ont du mal à parvenir sur ces régions à cause de l'absence des perturbations atmosphériques à long terme. Ce climat constitue un obstacle au développement de la vie animale et végétale. Le résultat confirme bien l'impact négatif de la hausse des températures sur la production du blé (Le blé résiste mal au stress hydrique).

3. discussion

Les événements extrêmes entraîneront des baisses de rendement des cultures. Ces phénomènes se traduiront par des hausses de prix des principaux produits agricoles (le blé) et en conséquence, ils vont provoquer une baisse très importante de la consommation des céréales.

La flambée des prix des denrées alimentaires qui s'observe sur les marchés mondiaux depuis 2006 s'inscrit vraisemblablement dans une tendance à long terme haussière et plus instable, du fait d'un déséquilibre entre la demande et l'offre de produits alimentaires, déséquilibre exacerbé par des conditions climatiques plus erratiques et extrêmes. Avec seulement 6% de la population mondiale, la région MENA accapare un tiers des achats de blé dans le monde.

Les récentes augmentations de la variabilité du climat peuvent avoir affecté les rendements des cultures dans divers pays depuis le milieu des années 1980 causant

une grande variabilité inter-annuelle des rendements de blé. Les changements dans la variabilité annuelle de rendement feraient du blé une culture à haut risque. Même les cultures des latitudes moyennes pourraient souffrir à des températures très élevées en l'absence d'adaptation.

Les variations de températures extrêmes à court terme peuvent être critiques, surtout si elles coïncident avec des étapes clés du développement. Seuls quelques jours de températures extrêmes (plus que 32°C) au stade de la floraison de nombreuses cultures peuvent considérablement réduire le rendement.

La réponse des cultures aux changements dans les conditions de croissance peut être non linéaire et soumis à des combinaisons de facteurs de stress qui affectent leur croissance, leur développement et leur rendement éventuel. Dans le court terme les températures élevées peuvent affecter les réactions enzymatiques et l'expression des gènes. À plus long terme, elles auront un impact sur l'assimilation du carbone et donc les taux de croissance et le rendement éventuel. L'impact des températures élevées sur le rendement final peut dépendre du stade de développement des cultures.

Wollenweber et al (2003) ont constaté que les plantes qui connaissent des périodes de réchauffement comme des événements indépendants et que les températures critiques de 35°C pour une courte période autour de la floraison ont eu des effets sévères sur la réduction de rendement.

L'avis de la littérature de Wheeler et al (2000) suggèrent que les seuils de température sont bien définis et hautement conservés entre les espèces, en particulier pour les processus tels que la floraison et le remplissage des grains. Au milieu des années 30 les grains de riz sont devenus stériles à cause des températures élevées et des températures similaires peuvent conduire à inverser des effets de vernalisation¹ pour le blé.

Dans tous les cas et toutes les régions, les événements qui sont aujourd'hui considérés comme extrêmes seraient moins inhabituels dans l'avenir. Les impacts des événements extrêmes de température peuvent être difficiles à séparer de celles de la sécheresse. Toutefois, un dépassement des actuels seuils de température modifiera la physiologie des plantes et des grains et sera dévastateur pour les rendements.

¹ La vernalisation est une période de froid subie par la plante ou la graine, elle est nécessaire pour faire passer la plante du stade végétatif au stade reproductif, donc pour germer puis fleurir. (wikipedia 2014)

Avec plus de 10 millions de tonnes/an, l'Egypte est le premier importateur mondial de blé, suivie dans la région MENA par l'Algérie, l'Iran, le Yémen, le Maroc, l'Irak, etc. Avec seulement 6% de la population mondiale, cette région accapare un tiers des achats de blé dans le monde.

Du Maroc à l'Egypte, la consommation y est la plus élevée du monde: 100 kilos de blé par habitant et par an, soit le double de l'Union européenne, le triple du reste du monde. La qualité des sols, le climat, le manque d'eau et la croissance démographique sont autant d'éléments qui plongent cette région dans une hyper dépendance céréalière.

Le monde consomme plus de nourriture qu'avant. Les données de la FAO indiquent que l'énergie alimentaire mesurée en kilocalories par habitant et par jour n'a cessé d'augmenter au niveau mondial. La consommation alimentaire par habitant dans le monde entier a augmenté à 2800 kcal par habitant et par jour à la fin des années 1990 à partir de 2360 kcal par habitant et par jour en milieu des années 1960. La consommation selon FAO s'est élevée en 2015 à 2940 kcal par habitant et par jour.

La consommation alimentaire dans la région MENA a également augmenté, en particulier pour les produits alimentaires comme les légumes, la viande, les féculents et les fruits de mer. La question de la sécurité alimentaire revêt une importance comme jamais auparavant, les prix alimentaires sont sur une tendance haussière. La hausse des prix des denrées alimentaires, il est difficile pour la région MENA, qui est dépendante des importations pour satisfaire sa demande intérieure.

Il existe plusieurs facteurs qui déterminent la consommation de nourriture dans la région. La population de la région MENA a atteint 214 millions en 2010, contre 175 millions en 2000. Autrement dit, la région a ajouté environ 40 millions à sa base de la population au cours de la dernière décennie. Cela se traduit également par 4 millions de bouches supplémentaires à nourrir chaque année.

La hausse de la population pose un défi pour la région MENA, qui assure près de 50% de ses besoins en nourriture par importations. L'urbanisation rapide et la croissance du niveau de revenu de la population dans la région MENA conduisent à une plus grande consommation alimentaire (en raison de la corrélation positive entre le revenu et la consommation alimentaire).

Le tableau suivant montre l'inégalité entre les pays de la région en termes de perte des terres arable par habitant. Palestine, le Liban, la Syrie et la Jordanie sont les

plus gravement touché car chacun a vu sa part de terre arable diminuer respectivement de 54%, 26,6%, 24,8% et 15%.

Variation des terres arables entre 1962 et 2013

pays	variation
Qatar	1311
Koweït	960
Émirats arabes unis	650
Arabie saoudite	164,482759
Oman	88,5
Mauritanie	68,5393258
Bahreïn	60
Maroc	22,0789074
Algérie	18,9873016
Égypte	12,5359638
Iraq	7,52688172
Libye	0,58479532
Iran	-0,74716478
Yémen	-1,96386489
Israël	-7,50809061
Tunisie	-7,96774194
Jordanie	-15,0735294
République arabe syrienne	-24,8064516
Liban	-26,6666667
Palestine	-54

Conclusion

Les changements climatiques ont déjà un grand impact sur la sécurité alimentaire et l'agriculture en générale à travers la hausse de l'imprévisibilité des régimes climatiques et l'augmentation de l'intensité, la fréquence et la durée des événements climatiques extrêmes.

Ensembles les pays de la région MENA, seront gravement touchés par ces événements extrêmes. La plupart de ces pays producteurs doivent faire face à une pénurie des ressources naturelles. Souvent, ils leur manquent les connaissances nécessaires sur les éventuelles options d'adaptation de leurs systèmes de production, en plus de ça, ils disposent de faibles capacités à prendre les risques.

Atténuer les changements climatiques, améliorer la sécurité alimentaire et protéger les ressources naturelles et les services écosystémiques vitaux, nécessite un

passage à des systèmes de production agricole plus préformant, avec une production plus résistante aux chocs économique et à la variabilité climatiques, plus stable et moins variable.

Afin de s'assurer que ces ressources sont efficacement gérées, une agriculture plus résiliente et plus productive requiert un changement important dans les pratiques de gestion des ressources génétiques, des nutriments du sol, de l'eau et des terres. Accomplir ces changements nécessite des modifications trop importantes en matière de mécanismes financiers, de politiques, de législation et de gouvernance locale et nationale.

Bibliographie :

1. Heiko Paeth, Arcade Capo-Chich, Wilfried Endlicher, 2008, Climate change and food security in tropical West Africa a dynamic-statistical modelling approach, *erdkunde, archive for scientific geography*, v62, pp101-115.
2. Gregory, P. J. et Ingram, J. S. I, 2000, Global change and food and forest production: future scientific challenges. *Agriculture, ecosystems and environment*, v82, pp3-14.
3. Nearing, M.A., M.R. O'Neal and F.F. Pruski, 2004, Expected climate change impacts on soil erosion rates, *Journal of Soil and Water Conservation*, v59, pp43-50.
4. Seo, S. Niggol & Mendelsohn, Robert, 2008. "A structural ricardian analysis of climate change impacts and adaptations in African agriculture," Policy Research Working Paper Series 4603, The World Bank.
5. Peter G. Jonesa, Philip K. Thornton, 2003, The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055, *Global Environmental Change*, v13, pp 51-59.
6. Jerry Knox, Tim Hess, Andre Daccache et Tim Wheeler, 2012, Climate change impacts on crop productivity in Africa and South Asia, *Environmental Research Letters*, v7, p034032.
7. Robert Mendelsohn, 2014, L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Asie, *Journal of Integrative Agriculture*, v13, pp660-665.

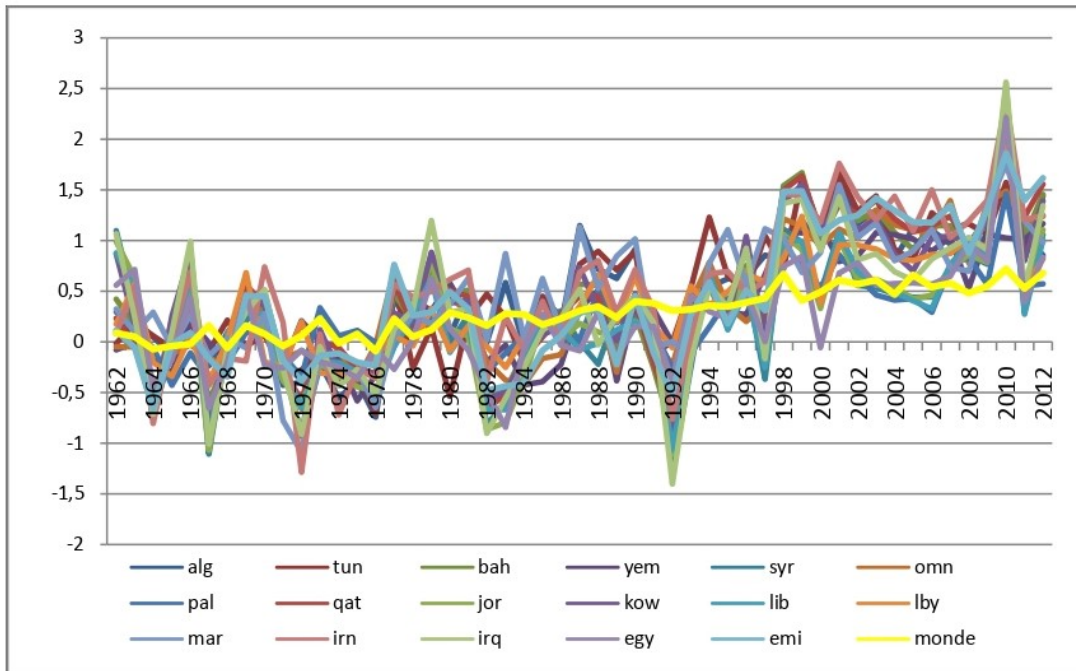
8. Kokic, P., Heaney, A., Pechey, L., Crimp, S., Fisher, B., 2005. Climate change. Predicting the impacts on agriculture: a case study. *Australian Commodities*, v12, pp 161–170.
9. Cline, W.R. 1970, *Economic Consequences of a Land Reform in Brazil*, North Holland Publishing Co., pp. 64-65.
10. Lockwood M, 2008, Recent changes in solar outputs and the global mean surface temperature. III. Analysis of contributions to global mean air surface temperature rise. *Proc. R. Soc. A*, v464, pp1387–1404.
11. Lozanoff, Jorge V, 1996, el sector agropecuario frente al cambio climático. *Energía*, v29, pp34-54.
12. Dell, Melissa, Jones, Benjamin F., et Olken, Benjamin , 2008, A Climate change and economic growth: Evidence from the last half century. *National Bureau of Economic Research*.
13. Griliches, 1964, Research Expenditures, Education and the Aggregate Agricultural Production Function, *The American Economic Review*, volume XIV.
14. Richard SJ Tol, 2005, The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties, *Energy policy*, v33, pp2064-2074.
15. Corbo, V et Dufour, JM, 1978, fonctions de production dans l'économie du quebec, *actualité économique*, 54, pp176-206.
16. Longue Cao, Govindasamy Bala, Ken Caldeira, Ramakrishna Nemani, George Ban-Weiss, 2010, Importance de dioxyde de carbone physiologique forçant à l'évolution future du climat, *Actes de l'Académie nationale des sciences des États-Unis d'Amérique*, v107, pp9513-9518.
17. Lecocq, Franck & Shalizi, Zmarak, 2007, How might climate change affect economic growth in developing countries ? a review of the growth literature with a climate lens, *Policy Research Working Paper Series 4315*, The World Bank.
18. Gerald C. Nelson, et al, 2014, Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v111, pp3274-3279.
19. Campbell B, Mann W, Meléndez-Ortiz R, Streck C, Tennigkeit T, 2011, *Agriculture and Climate Change: A Scoping Report*. Washington, DC: Meridian Institute.
20. D. Schröter, Zebisch, M., T. Grothmann, C. Haße, U. Fritsch, W. Cramer 2005. *Climate Change in Germany – Vulnerability and Adaptation of climate sensitive Sectors*, Report commissioned by the Federal Environmental Agency, Germany (UFOPLAN 201 41 253), Potsdam Institute of Climate Impact Research, Potsdam, Germany, pp. 205.

21. Ding Y., Liu S., Shangguan D and Li J., 2006, The retreat of glaciers in response to recent climate warming in western China, *Ann. Glaciol*, v43, pp97–105.
22. Wampach, Jean Pierre, 1967, *Les Sources des différences interrégionales de productivité du travail agricole : une analyse économétrique*, Québec, Ontario, 1951 et 1961 (Rapport préliminaire), Département d'économie rurale, Faculté d'Agriculture, Université Laval, août 1967.
19. Wollenweber B., Porter J. R., and Schellberg J, 2003, Lack of interaction between extreme high-temperature events at vegetative and reproductive growth stages in wheat. *J, Agron. Crop Sci*, v189, pp 142–150.
20. Wheeler T. R., Porter J. R., Craufurd P. Q., Prasad P. V. V, and Ellis R. H., 2000, Temperature variability and the yield of annual crops, *Agric. Ecosyst. Environ*, v82, pp159–167.
21. Rosenzweig, C., & Tubiello, F. N. (1997). Impacts of Global Climate Change on Mediterranean Agriculture: Current Methodologies and Future Directions. An Introductory Essay. *Mitigation and adaptation strategies for global change*,1(3), 219-232.
22. Giannakopoulos, C., Bindi, M., Moriondo, M., LeSager, P., & Tin, T. (2005). Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2 C global temperature rise. WWF report, Gland Switzerland. Accessed, 1, 2006.
23. Le Houérou, H. N. (1992). Relations entre la variabilité des précipitations et celle des productions primaire et secondaire en zone aride.
24. Agoumi, A. (1999). Introduction à la problématique des changements climatiques (Introduction to the climate changes problem). *Projet magrébin sur les changements climatiques RAB/94 G*, 31, 98.
25. Bartomeus, I., Park, M. G., Gibbs, J., Danforth, B. N., Lakso, A. N., & Winfree, R. (2013). Biodiversity ensures plant–pollinator phenological synchrony against climate change. *Ecology letters*, 16(11), 1331-1338.
26. Gallup, J. L., Sachs, J. D., & Mellinger, A. D. (1999). Geography and economic development. *International regional science review*, 22(2), 179-232.

Annexe

ANNEXE 1

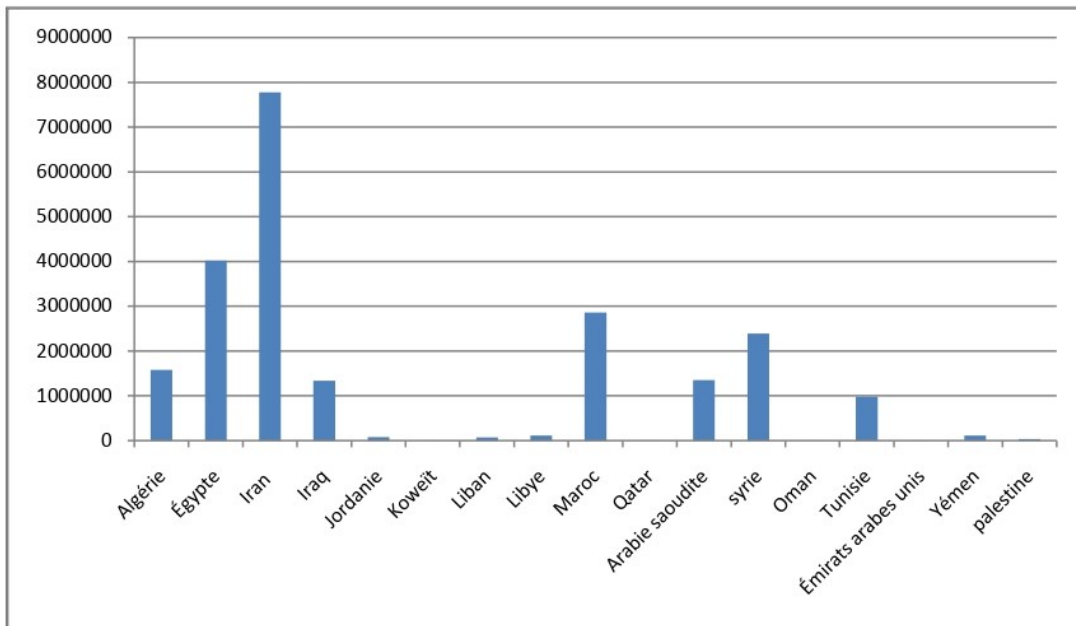
Variation des températures dans les pays de la région MENA par rapport à la variation moyenne mondiale



Source : GISS

ANNEXE 2

Production moyenne de blé entre 1962 et 2013 dans les pays de la région MENA



Source : banque mondiale