

Stratégies d'adaptations de la culture du blé dur face aux changements climatiques futurs en Algérie: 1- Gestion des semis

Nacira Chourghal¹, Frédéric Huard²

¹ Laboratoire CVRN, Université Bordj Bou Arreridj (Algérie)

² US 1116 Agroclim, Avignon (France)

Résumé. Nous présentons ici une stratégie d'adaptation des effets du changement climatique basée sur la gestion de la date de semis. Deux zones d'étude sont choisies : Alger au centre et Bordj Bou Arreridj dans la zone Est du pays. Des données climatiques observées couvrant la période 1978-2007 pour Alger et 1980-2009 pour Bordj Bou Arreridj, et des simulations futures du climat actuel (même période que l'historique) et du futur lointain (2071-2100), obtenues à partir du modèle climatique ARPEGE de Météo-France, exécutées selon le scénario SRES moyen A1B, sont utilisées pour la réalisation du présent travail. La simulation de la culture dans les conditions climatiques futures est réalisée par un simple modèle agro météorologique qui fonctionne à l'échelle journalière. Deux situations de semis sont testées : une date dynamique choisie durant la période traditionnelle des semis sur la base d'un critère pluviométrique et une date prescrite avec apport d'irrigation au jour même du semis. Les projections futures indiquent un réchauffement de l'ordre de +2.8 °C et de +3.3 °C respectivement à Alger et à Bordj Bou Arreridj vers la fin du 21^{ème} siècle. La précipitation moyenne annuelle décroît de -18 % à Alger. A Bordj Bou Arreridj, la précipitation moyenne annuelle diminue seulement de -8% du fait des augmentations importantes calculées pendant la période Juin-Octobre (+37%). Le cycle de culture est indiqué subir un raccourcissement dans le climat futur dans les deux régions et quel que soit la stratégie de semis. Le statut hydrique ainsi que le rendement sont négativement impactés. Exceptionnellement à Bordj Bou Arreridj et en raison des fortes augmentations de pluies projetées en fin d'été- début d'automne, la situation de semis dynamique permet la de garder le niveau actuel des rendements dans la région.

Mots clés. Algérie - Changement climatique – Adaptation - Date de semis - Rendement.

I - Introduction

En Afrique du Nord, les précipitations annuelles sont susceptibles de diminuer de 10 % à 20 % au cours du 21^{ème} siècle (Gibelin et Déqué, 2003) et la température pourrait augmenter de 2 à 3 °C d'ici 2050 (Paeth *et al.*, 2009). Les études montrent que l'agriculture africaine est susceptible d'être la plus touchée du fait de sa forte dépendance des faibles revenus de l'agriculture pluviale, mais surtout en raison de sa faible capacité d'adaptation (Mertz *et al.*, 2009).

En Algérie, le secteur agricole dépend essentiellement des précipitations et l'agriculture pluviale couvre 98,6 % de la superficie agricole totale (Schilling *et al.*, 2012). La céréaliculture domine le Nord de l'Algérie, et est pratiquée en pluviale sur 97 % de la Surface Agricole Utile (SAU). Cependant, la production dans ce secteur reste faible et ne répond qu'au quart du besoin annuel de consommation estimé à 80 millions de quintaux. Les projections montrent que cette situation va s'accroître encore plus dans le climat futur et indiquent que les sociétés en zone sud du bassin méditerranéen vont vivre des situations d'insécurité alimentaire encore plus graves (Lobell *et al.*, 2008). Toutefois, ces situations peuvent être influencées par la prise en considération de l'interaction avec les pratiques culturales (Ventrella *et al.*, 2012). Particulièrement le semis précoce semble pouvoir atténuer les effets négatifs du changement climatique futur sur le blé dur en zone sud méditerranéenne (Rosenzweig et Tubiello, 1997; Lhomme *et al.*, 2009).

Dans cette étude nous présentons une stratégie d'atténuation des effets du changement climatiques sur la culture du blé dur, basée sur la gestion de la date de semis.

II - Matériels et Méthodes

1. Zones d'étude

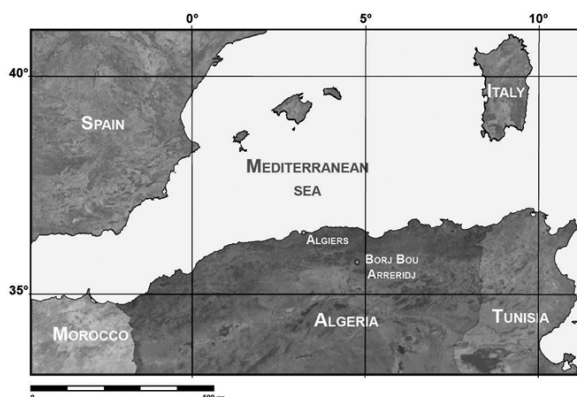
Deux régions différentes sont choisies dans notre étude : Alger (lat. 36.77° N, long. 3.22°E, alt. 24m) dans l'étage bioclimatique subhumide et Bordj Bou Arreridj (lat. 36.07° N, long. 4.77°E, alt. 930 m) située dans les Hautes Plaines Est du pays. A Alger la pluviométrie annuelle est les 600 mm et les sols sont profonds et fertiles. Bordj Bou Arreridj se trouve sous l'influence de « l'Atlas Tellien » qui limite les précipitations hivernales (350-450 mm) et le Sahara et « l'Atlas Saharien », responsables de masses d'air sec. Les sols de la région sont à texture lourde à très lourde, à faible profondeur et à teneur modérée en matière organique.

2. Climat historique et changement climatique futur

Trente années de données climatiques journalières observées (de 1978 à 2007 à Alger et de 1980 à 2009 à Bordj Bou Arreridj) ont été collectées à partir des stations météorologiques des deux régions d'étude. La simulation du climat est faite par le modèle climatique ARPEGE-Climat, version 4 de Météo-France (Déqué, 2007), selon le scénario SRES A1B. Le modèle génère une première série de 30 ans représentant le climat présent sur la même période que l'historique, et une deuxième série de données représentant le climat futur possible de 1971 à 2100. Le changement dans le climat est estimé par la méthode des anomalies (Déqué, 2007).

3. Simulation de la culture du blé dur

Un simple modèle générique agrométéorologique qui fonctionne à l'échelle régionale est utilisé. Le modèle simule le développement de la culture à travers le temps thermique et le rendement potentiel au moyen de l'accumulation de l'énergie solaire. Un indice de stress hydrique est déduit d'un modèle journalier de bilan hydrique et enfin le rendement réel est estimé à partir du rendement potentiel corrigé par l'indice de stress hydrique. C'est la combinaison et l'adaptation de modèles déjà appliqués à différentes cultures annuelles.



4. Choix de la date de semis

Deux possibilités de semis sont testées par le modèle ; un semis dynamique : la date de semis n'est pas prescrite, la culture est semée si pendant cinq jours consécutifs ($N_s = 5$) une précipitation cumulée minimale P_s de 20 mm survient. Si ce critère n'est pas rempli, il y a échec du semis. Dans la situation présente, la date de semis est limitée à la période traditionnelle de

semis du blé en Algérie. Dans le climat présent (indice a), elle est définie entre $JA1 = 305$ (1^{er} Novembre) et $JA2 = 365$ (31 Décembre), JA désignant le jour de l'année. Pour le scénario futur (indice f), cette période de semis est étendue du 1^{er} Octobre au 31 Janvier, afin de prendre en compte les effets possibles du changement climatique (le critère de semis utilisé peut survenir avant ou après les limites traditionnelles). La deuxième option de semis consiste en un semis prescrit dans lequel la date de semis JA est fixée au 1^{er} Novembre avec une irrigation d'appoint (P_s) le jour même.

III - Résultats et discussion

1. Le changement climatique futur

A Alger, le modèle ARPEGE prévoit un réchauffement moyen de la zone de 2.7°C vers la fin du 21^{ème} siècle. La température future dans la région augmente systématiquement durant toute l'année avec un maximum en été de +3.9°C en Juillet (Figure 1). A Bordj Bou Arreridj le réchauffement moyen est de 3.2°C avec un maximum en Mai de +5.3°C (Figure 2). Les précipitations annuelles à Alger diminuent de -18 %. A l'exception d'une augmentation en Octobre (+6 %), les précipitations mensuelles interannuelles diminuent tout au long de l'année avec une décroissance maximale en Juin et Juillet (supérieure à -40 %). A Bordj Bou Arreridj, la diminution moyenne des précipitations est de -8 %. Le minimum en Février (-13 %) et le maximum en Avril (-45 %). Du mois de Juin au mois d'Octobre les anomalies indiquent plutôt une augmentation des précipitations futures de +27% avec un maximum de +54 % au mois de Juillet.

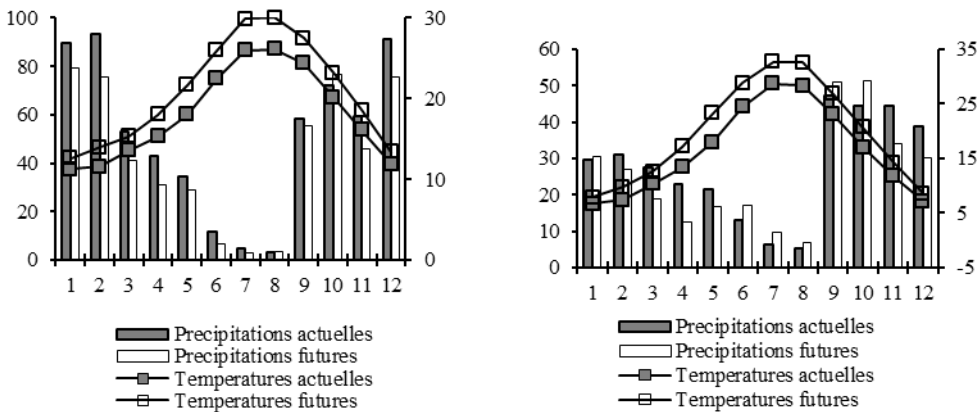


Figure 1. Evolution des températures et des précipitations dans les scénarios actuels et futurs à Alger et Bordj Bou Arreridj (ARPEGE- Climat, Version 4).

2. Impact de la stratégie de semis l'échec du semis

A Alger aucune situation d'échec du semis n'est constatée, que ce soit dans le scénario actuel ou futur. En effet, dans cette région caractérisée par un climat subhumide et des sols profonds, les conditions hydriques actuelles sont favorables et permettent le succès du semis. A Bordj Bou Arreridj et dans la situation présente, il y a eu échec du semis 7 années sur 29, soit un taux d'échec de 24 %. Dans la situation future, ce pourcentage s'annule (Tableau 1).

Tableau 1. Taux d'échec du semis dynamique correspondant aux situations actuelle et future, à Alger et Bordj Bou Arreridj

	Echec du semis (%)			
	Date de semis non prescrite		Date de semis prescrite	
	Alger	Bordj	Alger	Bordj
Situation actuelle	0	24	0	0
Situation future	0	0	0	0

3. Impact de la stratégie de semis sur la longueur du cycle de la culture

A Alger, la date moyenne de semis recule de 41 jours à Alger et de 37 jours à Bordj Bou Arreridj, entre la situation présente et la situation future (Tableau 2). Dans la situation actuelle, bien que la fenêtre de semis soit relativement large (du 1^{er} Novembre au 31 Décembre), les possibilités offertes par le climat pour répondre à la quantité de pluie requise pour les semis restent faibles. Par contre, avec une fenêtre de semis plus large (du 1^{er} Octobre au 31 Janvier) et la distribution future des précipitations, plus avantageuse en été et en début d'automne, le climat futur améliore la probabilité de succès du semis dynamique dans la région. Ces résultats montrent que le semis dynamique sera plus précoce dans le futur dans les deux sites d'étude. Dans le scénario futur et lorsque la date de semis est dynamique, la date moyenne de récolte à Alger avance de 58 jours à Alger et de 52 jours à Bordj Bou Arreridj, par rapport à la situation actuelle. Cet avancement important est dû à la précocité de la date de semis ainsi qu'à l'augmentation des températures futures. Lorsque la date de semis est prescrite, la récolte avance à Alger de 24 jours et de 31 jours à Bordj Bou Arreridj, entre la situation actuelle et le scénario futur. Avec une date de semis non prescrite un raccourcissement du cycle de 17 et 15 jours respectivement à Alger et Bordj Bou Arreridj entre situation actuelle et future est calculé. La longueur du cycle est encore plus réduite dans le cas de semis prescrit et devient 166 et 197 respectivement à Alger et à Bordj Bou Arreridj (Tableau 2). Dans les deux cas de semis et dans nos deux sites d'étude, un raccourcissement du cycle de la culture du blé dur dû à l'augmentation future des températures est confirmé. Nos résultats rejoignent ceux de Moriondo *et al.* (2011) et Ventrella *et al.* (2012), indiquant que le réchauffement futur à travers le Bassin Méditerranéen raccourcit le cycle de croissance du blé dur.

4. Impact de la stratégie de semis sur le rendement en grain du blé dur

L'effet négatif du climat futur sur le rendement réel est très significatif à Alger (Tableau 3). La diminution relative de Ya est de -22 % lorsque la date de semis est prescrite et -40 % dans le cas du semis dynamique. A Bordj Bou Arreridj, la variation relative de Ya entre situation future et actuelle est de -36 % dans le cas de semis prescrit et est nul lorsque le semis est dynamique. Contrairement à Alger, le semis tardif ne permet pas au cycle de croissance d'échapper aux périodes de sécheresse supposées survenir dans le climat futur. Le semis dynamique, par contre, offre de meilleures opportunités par la précocité du semis, en raison des précipitations automnales importantes attendues dans le climat futur. La récolte se réalise plus tôt, permettant d'éviter ainsi les sécheresses de fin de cycle, le problème le plus redoutable pour la céréaliculture dans la région. L'accumulation de la matière sèche peut se faire dans de bonnes conditions d'alimentation hydrique et l'augmentation du niveau de CO₂ attendu dans le futur est suffisant pour garder le rendement à son niveau actuel.

Tableau 2. Date de semis, date de récolte et longueur du cycle de la culture dans les deux situations de semis pour les deux zones d'étude.

	Date de semis (DOY)		Date de récolte (DOY)		Longueur du cycle (day)	
	Alger	Bordj	Alger	Bordj	Alger	Bordj
Date de semis non prescrite						
Situation actuelle	321±10 (17 Nov.)	330±21 (26 Nov.)	144±11 (24 May)	179±8 (28 Jun.)	188±7	214±25
Situation future	280±52 (7 Oct.)	293±19 (20 Oct.)	86±23 (27 Mar.)	127±16 (7 May)	171±8	199±14
Date de semis prescrite						
Situation actuelle	305 (1 Nov.)	305 (1 Nov.)	130±7 (10 May)	168±8 (17 Jun.)	190±7	228±8
Situation future	305 (1 Nov.)	305 (1 Nov.)	106±6 (16 Apr.)	137±7 (17 May)	166±6	197±7

Tableau 3. Indice de stress hydrique, rendement réel et sa diminution relative entre scénario actuel et futur dans les deux situations de semis pour les deux zones d'étude.

	ISH (%)		Y _a (t ha ⁻¹)		RY _a (%)	
	Alger	Bordj	Alger	Bordj	Alger	Bordj
Date de semis non prescrite						
Situation actuelle	8±5	45±18	2.0±0.2	1.1±0.4		
Situation future	26±15	57±15	1.2±0.4	1.1±0.4		
					-40	0
Date de semis prescrite						
Situation actuelle	9±4	52±11	1.8±0.2	1.4±0.4		
Situation future	25±14	63±10	1.4±0.4	0.9±0.4		
					-22	-36

III - Conclusions

Le changement climatique futur influe aussi bien sur les dates de réalisation des différentes phases phénologiques que sur leur durée. Dans le cas de semis dynamique, le semis et la récolte dans les deux zones d'étude sont plus précoces, ce qui a pour résultat un raccourcissement du cycle de 16 jours en moyenne. Le déficit hydrique cultural DHC et l'indice de stress hydrique ISH sont tous deux plus importants à Bordj Bou Arreridj qu'à Alger, mais augmentent plus significativement à Alger qu'à Bordj Bou Arreridj dans le climat futur. Exceptionnellement, la situation de semis dynamique à Bordj Bou Arreridj permet d'améliorer le bilan hydrique de la culture d'un taux de +6 %. L'effet du climat est significativement négatif sur le rendement réel dans les deux zones d'études. Exceptionnellement, le semis dynamique à

Bordj Bou Areridj présente de meilleures opportunités hydriques dans le futur induisant une récolte plus précoce permettant donc d'éviter les sécheresses de fin de cycle. L'accumulation de la matière sèche peut se faire dans de bonnes conditions d'alimentation hydrique et l'augmentation du niveau de CO₂ attendu dans le futur est suffisant pour garder le rendement à son niveau actuel.

Références bibliographiques

- Déqué M., 2007.** Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: model results and statistical correction according to observed values. *Global Planet Change*, 57: 16-26. [doi: 10.1016/j.gloplacha.2006.11.030](https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.11.030)
- Gibelin A.L., Déqué M., 2003.** Anthropogenic climate change over the Mediterranean region simulated by a global variable resolution model. *Climate Dynamics*, 20: 327-339. [doi: 10.1007/s00382-002-0277-1](https://doi.org/10.1007/s00382-002-0277-1)
- Lhomme J.P., Mougou R., Mansour M., 2009.** Potential impact of climate change on durum wheat cropping in Tunisia. *Climate Change*, 96: 549-564. [doi: 10.1007/s10584-009-9571-9](https://doi.org/10.1007/s10584-009-9571-9)
- Lobell D.B., Burke M.B., Tebaldi C. et al., 2008.** Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 319: 607-610.
- Mertz O., Halsnaes K., Olesen J.E., Rasmussen K., 2009.** Adaptation to climate change in developing countries. *Environmental Management*, 43: 743-752. [doi: 10.1007/s00267-008-9259-3](https://doi.org/10.1007/s00267-008-9259-3)
- Moriondo M., Giannakopoulos C., Bindi M., 2011.** Climate change impact assessment: the role of climate extremes in crop yield simulation. *Climate Change*, 104: 679-701. [doi: 10.1007/s10584-010-9871-0](https://doi.org/10.1007/s10584-010-9871-0)
- Paeth H., Born K., Girmes R., Podzun R., Jacob D., 2009.** Regional climate change in Tropical and Northern Africa due to greenhouse forcing and land use changes. *Journal of Climate*, 22: 114-132. [doi: 10.1175/2008JCLI2390.1](https://doi.org/10.1175/2008JCLI2390.1)
- Schilling J., Freier K. P., Hertig E., Scheffran J., 2012.** Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa with focus on Morocco. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 156: 12-26. [doi: 10.1016/j.agee.2012.04.021](https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.04.021)
- Ventrella D., Charfeddine M., Moriondo M., Rinaldi M., Bindi M., 2012.** Agronomic adaptation strategies under climate change for winter durum wheat and tomato in southern Italy: irrigation and nitrogen fertilization. *Regional Environmental Change*, 12(3): 407-419. [doi: 10.1007/s10113-011-0256-3](https://doi.org/10.1007/s10113-011-0256-3)