

# Réseau de veille phénologique et changements climatiques en milieu oasien

F. Lakhdari<sup>1</sup>, M. Roumani<sup>1</sup>, B. Nia<sup>1</sup>, M.K. Bensalah<sup>1</sup>, A. Bencheikh<sup>1</sup>, Z. Benguega<sup>1</sup>,  
N. Dakhia<sup>1</sup> & A. Benaziza<sup>2</sup>

1, Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA), Campus Universitaire  
07000 Biskra, Algérie

2, Université Mohamed Kheider- Biskra, Algérie

## Résumé

L'objectif de cette étude est de suivre le cycle phénologique du palmier dattier et analyser les réponses liées au stress causé par les variations climatiques dans des zones d'observation (Entités agroécologiques : Ziban, Oued Righ, Souf, M'zab, Saoura, Touat, Gourara, Tassili N'djer et Tidikelt) réparties à travers le Sahara. Les résultats des quatre premières années d'observation ont montré une variation dans l'apparition des deux stades examinés : l'émergence des spathes « ES » et la maturité « M » chez 15 cultivars durant la période 2012-2015. Cette variation semble être en rapport avec la fluctuation de la température moyenne journalière mensuelle (TMJM) durant la même période. Bien que préliminaires, ces résultats constituent un repère non négligeable pour nos observations à venir.

**Mots-clés :** Palmier dattier, stades phénologiques, changements climatiques, entités agroécologiques/oasis, Sahara, Algérie.

## *Phenological monitoring network and climate change in an oasis environment*

### *Abstract*

*The aim of this study is to monitor the phenological cycle of date palm and analyze responses to stress caused by climatic variations in observation zones (agroecological entities: Ziban, Oued Righ, Souf, M'zab, Saoura, Touat, Gourara, Tassili N'djer and Tidikelt) throughout the Sahara. The results of the four first years of observation showed a variation in the appearance of both examined stages: spathes «ES» emergence and maturity «M» of 15 cultivars during the period between 2012 and 2015. This variation seems to be related to changes in the average monthly daily temperature (TMJM) during the same period. These results, even preliminary, are a point of reference for our observations in the future.*

**Keywords:** *Date palm, phenological stages, climate change, agroecological entities/oases, Sahara, Algeria.*

### Auteur correspondant

F. Lakhdari  
Directrice générale du CRSTRA

## 1. INTRODUCTION

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est connue pour son adaptation aux régions arides et pour les qualités nutritives de son fruit « La datte » riche en sucre, vitamines et minéraux. Il est cultivé par l'homme depuis 4000 av. J.-C. et occupe une place importante au Moyen Orient et en Afrique du Nord et de plus en plus dans d'autres régions où le climat y est favorable (Zhang et al., 2012). En effet, le palmier dattier présente une source de revenus pour les habitants des oasis, procure une protection aux sous-cultures de la sévérité du climat et réduit les dégâts des tempêtes de sable et de l'érosion éolienne (Mohamed Vall et al., 2011).

Pour murir, la datte exige une période de chaleur de la floraison jusqu'à la maturité complète et la longueur de cette période est critique dans le choix de certains cultivars pour une zone géographique donnée (Sirisena et al., 2015). Les pluies ou une humidité élevée durant la fructification augmentent le risque de la craquelure du fruit et l'apparition des maladies fongiques. Des étés longs avec des températures diurnes et nocturnes élevées, et des hivers doux, ensoleillés et secs sans gelées sont les conditions climatiques idéales pour cette espèce (Shabani et al., 2012).

Cependant, les enregistrements du thermomètre montrent que durant les 30 dernières années la moyenne globale des températures de la surface du globe ont augmenté de 0,28 °C par décennie (Hansen et al., 2006). Le changement du climat pourrait influencer le fonctionnement de plusieurs écosystèmes et la santé biologique des plantes et des créatures (McMichael et al., 2003). Les stress liés au système climatique ont déjà des impacts sur la surface de la terre. Ceux-ci incluent non seulement l'augmentation des températures de la surface mais aussi l'élévation de la fréquence des inondations et des sécheresses, et des changements dans les écosystèmes naturels comme la floraison précoce, et la déviation de la distribution des espèces vers le pôle (McMichael et al., 2003).

L'importance de la phénologie dans la science du changement global a été de plus en plus étudiée. Ce changement a commencé avec des études empiriques et de modélisation démontrant que la phénologie de la plante, connue comme sensible d'une année à l'autre à la variabilité du climat, pourrait aussi servir comme un indicateur des impacts biologiques à long-terme du changement climatique sur les écosystèmes terrestres (Schwartz, 1998, Bradley et al., 1999). Ainsi, le changement global du climat pourrait altérer significativement la phénologie de la plante car les tempé-

ratures influencent le moment de développement seules et à travers les interactions avec d'autres indices comme la photopériode (Bernier, 1988 ; Partanen et al., 1998).

La présente étude a porté sur le suivi des différents stades phénologiques et des paramètres liés au climat en faisant participer les agriculteurs comme partenaires potentiels dans l'observation et la transmission des informations au niveau de différentes zones agroécologiques (Ziban, Oued Righ, Souf, M'zab, Saoura, Touat, Gourara, Tassili N'djer et Tidikelt). A cet effet, un atelier méthodologique a été organisé en novembre 2011 au niveau de la station expérimentale du Milieu Biophysique de l'Oued Righ du Centre de la Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA) en partenariat avec l'Accord Euro-Méditerranéen sur les Risques Majeurs. Cet atelier a impliqué des agriculteurs (phœniciculteurs) en provenance de différentes Oasis, des chercheurs ainsi que des techniciens de différentes institutions (Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Office National de la Météorologie (ONM) et le CRSTRA en tant qu'initiateur du projet. Il s'agit d'un réseau d'observation ouvert à long terme qui restera dynamique et évolutif.

## 2. MATERIEL ET METHODES

Le réseau de ce programme de suivi des stades phénologiques des différents cultivars du palmier dattier se déroule dans différentes zones identifiées selon un transect Sud-Nord et d'Est en Ouest à travers le Sahara algérien.

- La carte ci-dessous montre la répartition de ces différentes zones d'observation faisant partie de ce réseau (fig. 1).

Le suivi des stades phénologiques des différents cultivars du palmier dattier (selon leur consistance : Molle « M », Demi-Molle «DM» et Sèche «S») (tab. 1).

**Tableau 1:** Les différents cultivars examinés dans cet article et leurs entités agroécologiques.

Cultivars	Entité Agroécologique
Bamekhlouf (M), Hmira (DM), Tguezza (S)	Touat
Tinghimene (M), In Brir (DM), Ouredj (S)	Tassili N'djer
Ferrana (M), Ahertane (DM), Tguezza (S)	Tidikelt
Ghers (M), Deglet Nour (DM), Mech Degla (S)	Ziban
Echikh (M), Takerboucht (DM), Tinasser (S)	Gourara

M : Molle, DM : Demi-Molle et S : Sèche

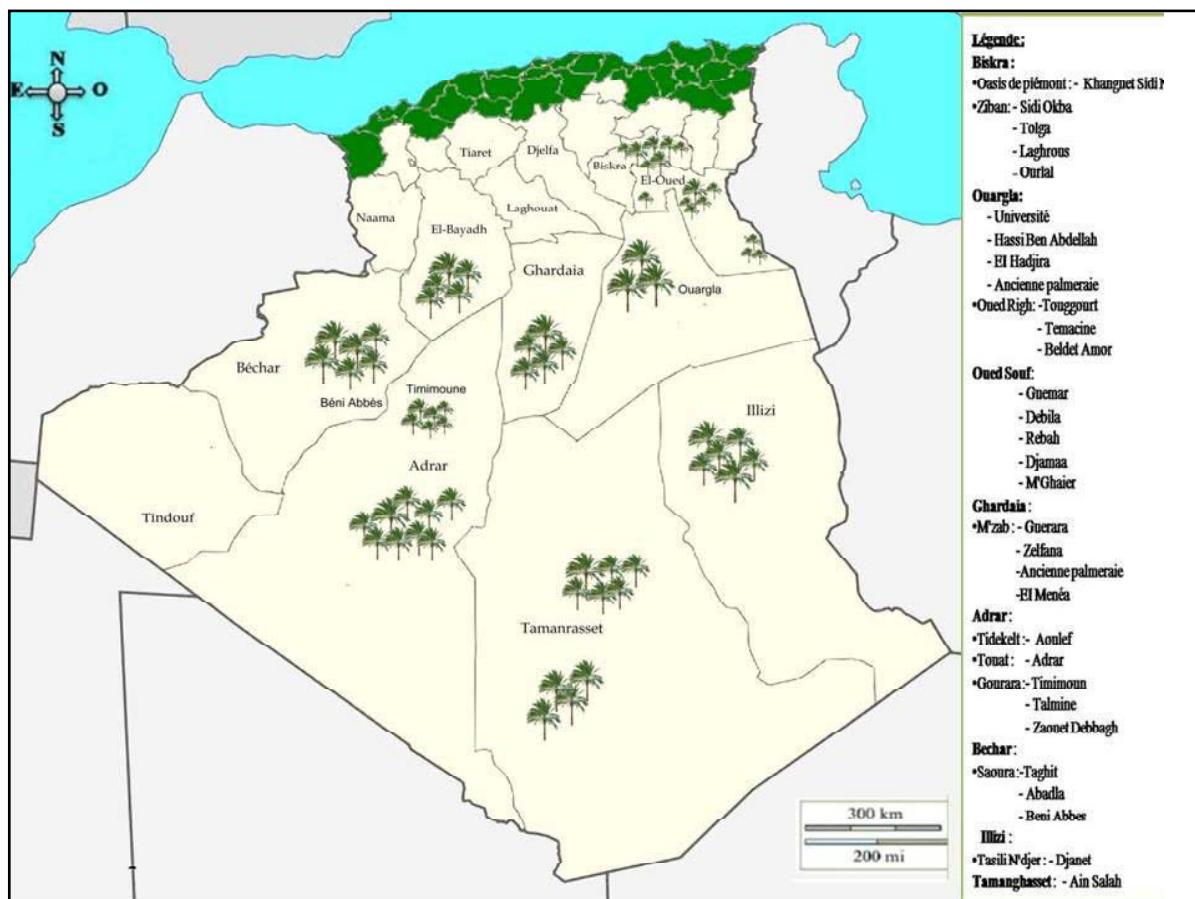


Figure 1: Carte de la répartition des zones d'observation et de suivi des stades phénologiques du palmier dattier en Algérie.

Date: .....

Entité écologique:..... Nom de l'observateur:.....

Cultivar concerné:.....

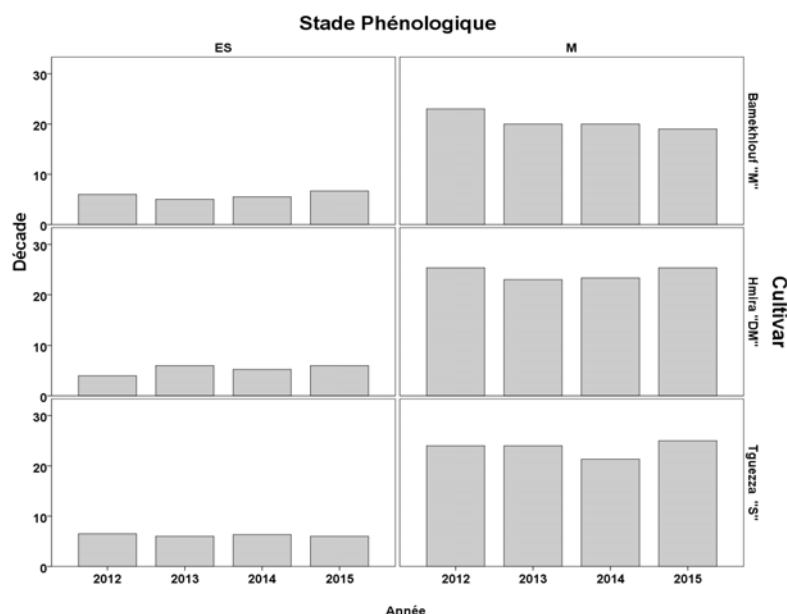
Nature de la datté: sèche; molle; demi molle.....

Wilaya:..... Commune:..... Lieu dit:.....

Stade phénologique		Dec Avant	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jit	Aout	Sep	Dec
Emergence spathes	Mâles											
	Femelles											
Ouverture spathes	Mâles											
	Femelles											
Pollinisation	Début											
	Fin											
Maturité Tmar	Début											
	Fin											
Récolte												
Apparition Boufaroua												
Apparition pyrale												
Autres ennemi et/ou maladies												

Qualité organoliptique: datté molle ou desséchée, couleur, gout et forme;  
Informations supplémentaires;

Figure 2 : Fiche d'observation et de suivi émanant de l'atelier méthodologique.



**Figure 3 :** Nombre de décades d'émergence des spathes «ES» et maturité «M» de trois cultivars à Touat durant la période 2012-2015.

Dans le présent article, sont présentés les premiers résultats relatifs à certaines entités agroécologiques (Ziban, Touat, Gourara, Tassili Nadjer et Tidikelt) marquées par de fortes températures ces dernières années.

Ce suivi est réalisé selon un modèle de fiche d'observation arrêtée lors de l'atelier méthodologique pour chaque entité agroécologique retenue, des cultivars spécifiques sont identifiés au moment de l'élaboration de la fiche en question (fig. 2). Le phœniciculteur et/ou le chercheur saisit la date d'apparition de chaque stade en décades à l'intérieur de chaque case mensuelle (ex. 1-10 dans la case de février) ainsi que toute information supplémentaire qui pourrait être utile pour l'étude et l'analyse des résultats.

Parallèlement, compte tenu de leur impact majeur sur les stades phénologiques des plantes, les températures moyennes ont été enregistrées pour mieux comprendre les changements du déclenchement des stades phénologiques. Sur les 15 cultivars suivis, deux stades phénologiques ont été examinés (émergence des spathes "ES" et maturité "M") et ceci pendant quatre campagnes consécutives de 2012 à 2015.

### 3. RESULTATS

#### 3.1 Evolution des deux stades phénologiques

L'émergence des spathes et la maturité de la plupart des cultivars étudiés ont montré une variation. Au Touat, le nombre de décades pour atteindre le stade

ES a oscillé entre 4 (40 jours) et 6,67 (66,7 jours) et entre 19 et 25,3 décades pour le stade M (fig. 3).

La température moyenne journalière mensuelle (TMJM) du mois de février, qui coïncide généralement avec le stade ES, a augmenté de 5,54 °C durant la période 2012-2014 alors que celles des mois de juillet et d'août (moment de la maturité) ont augmenté respectivement de 1,13 et 1,26 °C (fig. 4).

Dans la zone de Tassili N'Djer, le nombre de décades nécessaire pour atteindre le stade ES a varié entre 2 et 9 décades. Selon les variétés de dattes au stade M, ce nombre est compris entre 18 et 29 décades (fig. 4). Ce changement correspond tantôt à une augmentation, tantôt à une diminution de la TMJM. En effet, l'augmentation de la TMJM était de l'ordre de 0,82 °C au mois de février. Par contre, une diminution a été enregistrée durant les mois de juillet et d'août de 2,28 et 0,97 °C respectivement.

Dans l'entité du Tidiklet, le nombre de décades pour atteindre le stade émergence des spathes a fluctué entre 3 et 5 décades selon le cultivar (fig. 6). Quant au stade maturité, une certaine stabilité a été constatée car le nombre de décades a varié légèrement de 1 à 2 décades pour chaque cultivar.

Une augmentation notable de la TMJM a été enregistrée. En fait, elle a grimpé de 3,71 °C en février tandis qu'en juillet et août, la TMJM a diminué de 3,16 et 2,32 °C respectivement. En septembre où la maturité du cultivar Ahertane se produit le plus souvent, la TMJM a augmenté de 1,67 °C (fig. 4).

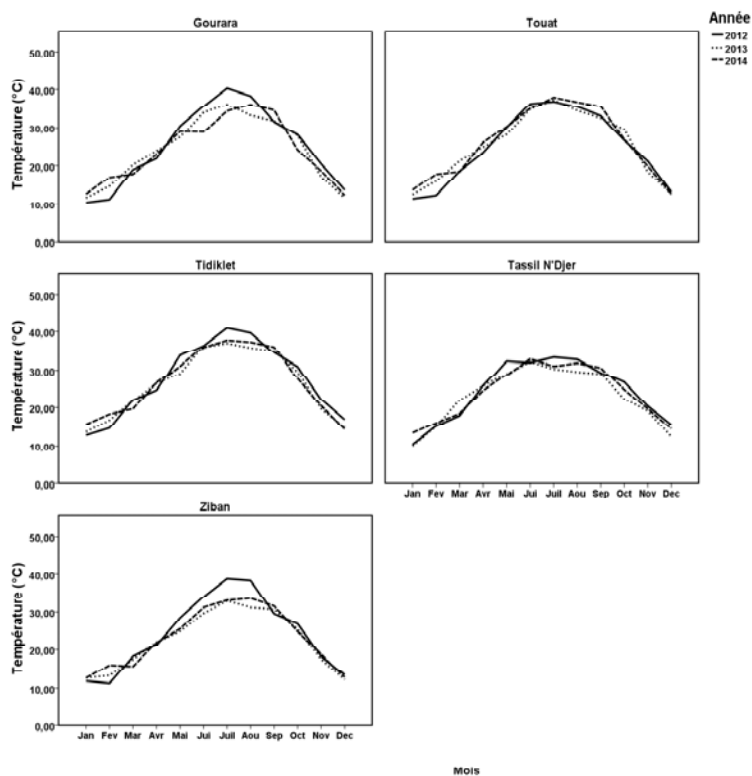


Figure 4: Température moyenne journalière mensuelle (TMJM) des cinq zones écologiques durant la période 2012-2014.

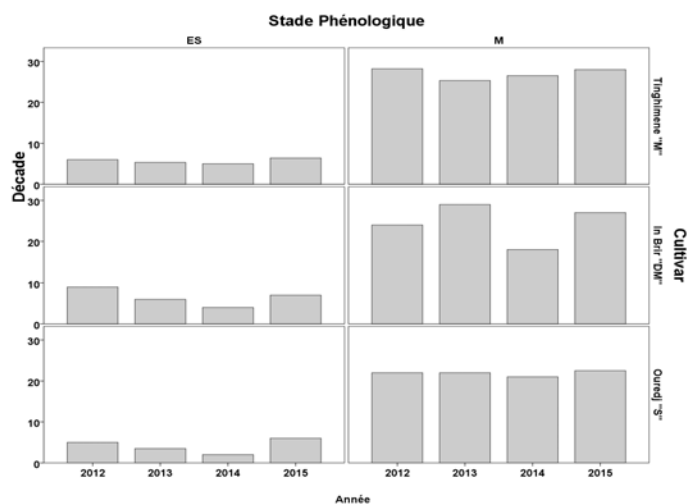


Figure 5 : Nombre de décades de l'émergence des spathes «ES» et la maturité «M» de trois cultivars à Tassili N'Djer durant la période 2012-2015.

Les données relatives aux Ziban concernent uniquement 2013 et 2014. Le nombre de décades d'émergence des spathes a fluctué entre 5 et 7 alors que celui de la maturité a fluctué entre 29 et 33,5 décades durant la même période (fig. 7).

La TMJM a augmenté de 2,82 °C pendant le mois de février et a diminué de 0,61 en octobre puis a augmenté de 1,23 °C au mois de novembre qui coïncide avec la maturité des cultivars Ghers, Deglet Nour et Mech Degla (fig. 4).

Finalement, dans le Gourara, le nombre de décades nécessaires pour atteindre le stade émergence des spathes a fluctué de 2,5 à 7 tandis que celui de la M a oscillé entre 18,5 et 30 décades (fig. 8).

La TMJM a accru de 5,71 °C au mois de février. Durant le mois de juin jusqu'au mois de novembre où la maturité des cultivars Echikh, Takerboucht et Tinasser survient, la TMJM a baissé d'environ 6,67 °C (fig. 4).

#### 4. DISCUSSION

La variation dans la date d'apparition de l'émergence des spathes et la maturité s'est accompagnée d'une variation de la TMJM au cours de la période d'étude mais surtout une augmentation durant ces deux stades critiques. En effet, les plantes exigent une certaine quantité d'unités de chaleur (période thermique), synonyme de degrés-jours de croissance pour atteindre le prochain stade de développement (Jagadish et al., 2016). Le besoin thermique du palmier dattier durant la période allant de la floraison jusqu'à la maturité des dattes est égal à la somme des températures maximales journalières supérieures ou égales à 18°C (zéro de floraison) (El Houmaizi et Saaidi, 1993).

L'émergence des spathes (floraison) de certains cultivars a avancé parfois de 20 jours avec une augmentation de la TMJM allant jusqu'à 5°C. En fait, ce stade est un facteur déterminant de la réussite de la production de la plante. L'augmentation de la température ambiante est le facteur climatique majeur qui fait avancer la période de floraison des cultures et autres plantes avec un effet moindre de l'augmentation de la concentration en dioxyde de carbone (Moss, 1976, Jagadish et al., 2016). Le nombre de jours de l'anthèse défini comme l'apparition de la première fleur ouverte peut varier et offrir un moyen d'échapper aux effets néfastes induits par les températures éle-

vées. Dans une étude réalisée sur un cultivar du *Pergaronium × domesticum* par Powell et Bunt (1978) en appliquant un régime de température élevée, la floraison a avancé d'un mois.

Un avancement dans la date de maturité des dattes a été enregistré en atteignant 20 jours chez certains cultivars. Selon Hurd et Graves (1985), l'augmentation de la température a un important effet sur l'accélération de la maturité. Les rendements de certaines cultures fluctuent énormément d'une semaine à une autre, et ceci probablement reflète les changements dans le temps pris par les fruits pour murir. Les résultats d'une étude faite sur cinq cultivars du pommier par Warrington et al., (1999) ont indiqué que les fruits sujets à des températures élevées tôt durant la phase de croissance ont atteint la maturité physiologique plus rapidement que ceux ayant subi une température basse pendant la même période.

Par ailleurs, la température n'affecte pas seulement la période de maturité des fruits mais aussi leur taux de croissance (Adams et al., 2001). D'après Vinson (1914), le taux de maturation des dattes est probablement influencé par les mêmes facteurs affectant le taux de croissance du feuillage à savoir les températures élevées maxima et minima. Nombreux processus biologiques impliqués dans le développement du fruit dépendent de la température. Elle influence en particulier la division cellulaire, les échanges gazeux, la maturité et la composition chimique du fruit. Les conséquences sur la qualité du fruit comme le calibre, la teneur en sucres et en acides et la qualité nutritionnelle.

Ainsi, la température est un paramètre clé pour le développement du fruit et sa qualité (Saudreau et al., 2011). Dans la littérature, la majorité des travaux sur l'effet des changements climatiques et plus particulièrement ceux des températures sont basés sur des modèles climatiques (simulations) qui prédisent des variations à long terme (Schwartz, 1998, Bradley et al., 1999). Des simulations ont montré un avancement dans la maturité du blé d'hiver et de printemps en Europe de 1-2 semaines à l'horizon de 2050 (Olesen et al., 2012, Trnka et al., 2014) alors que Semenov et al. (2009) ont prédit que la date de maturité pourrait se produire environ 21 jours plus tôt sous un changement du climat prévu en 2050.

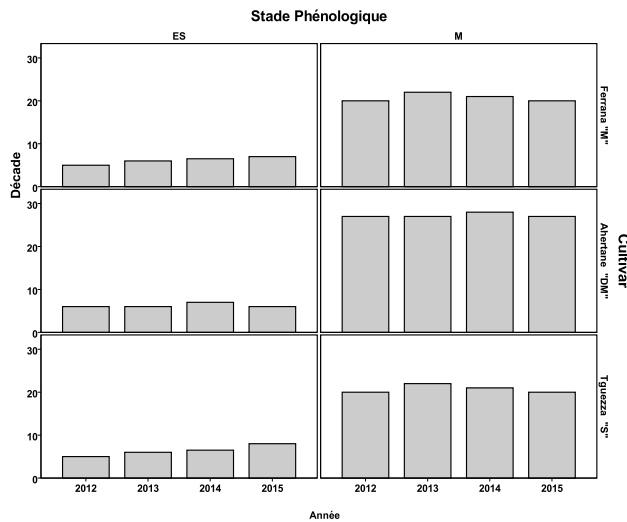


Figure 6 : Nombre de décades de l'émergence des spathes «ES» et la maturité «M» de trois cultivars à Tidiklet durant la période 2012-2015.

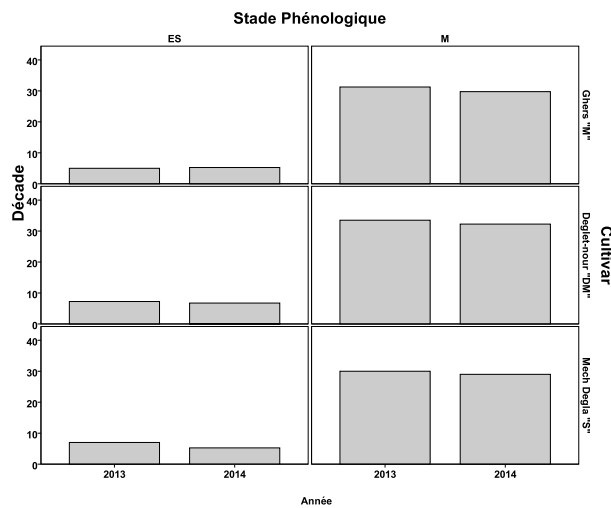


Figure 7 : Nombre de décades de l'émergence des spathes «ES» et la maturité «M» de trois cultivars au Ziban durant la période 2013-2014.

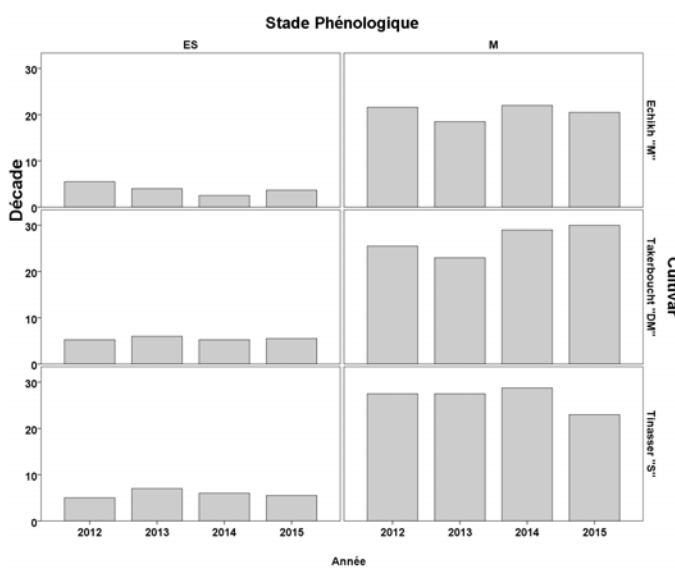


Figure 8 : Nombre de décades de l'émergence des spathes «ES» et la maturité «M» de trois cultivars à Gourara durant la période 2012-2015.

## 5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le suivi des stades phénologiques du palmier dattier dans les cinq zones d'observation à travers le Sahara algérien a montré une variation en matière de période d'apparition avec parfois un avancement jusqu'à 20 jours des deux stades examinés (l'émergence des spathe et la maturité des fruits du palmier dattier). La variation de la durée de ces deux stades est liée à celle de la température enregistrée. Effectivement, la température est le facteur principal influant sur le taux de développement de la plante et ses effets diffèrent selon la zone, l'année et le cultivar. L'établissement d'un modèle climatique pour prédire les variations de la température à long-terme serait un moyen très utile pour aider à mettre en place une stratégie d'adaptation aux effets du changement climatique dans de tels agro-systèmes où le palmier dattier joue un rôle capital d'un point de vue agro-écologique et socioéconomique : C'est ce qui justifie la mise en place d'un tel réseau d'observation.

## 6. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement M. Mohammed FACI (Division : Etude et gestion des risques climatiques, CRSTRA) pour sa précieuse aide en matière de données climatiques.

## 6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adams, S. R., Cockshull, K. E., & Cave, C. R. J. (2001). Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annals of Botany*, 88, 869–877. <http://doi.org/10.1006/anbo.2001.1524>
- Bernier, G. (1988). The Control of Floral Evocation and Morphogenesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 39(1), 175–219. <http://doi.org/10.1146/annurev.pp.39.060188.001135>
- Bradley, N. L., Leopold, C. A., Ross, J., & Huffaker, W. (1999). Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96(August), 9701–9704. <http://doi.org/10.1073/pnas.96.17.9701>
- El Houmaizi, A. M., & Saaidi, M. (1993). Temperature et maturation des dattes dans la région de Marrakech. *Al Awamia*, 82, 137–149.
- Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D. W., & Medina-Elizade, M. (2006). Global temperature change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(39), 14288–14293. <http://doi.org/10.1073/pnas.0606291103>
- Jagadish, S. V. K., Bahuguna, R. N., Djanaguiraman, M., Gamuyao, R., Prasad, P. V. V., & Craufurd, P. Q. (2016). Implications of High Temperature and Elevated CO<sub>2</sub> on Flowering Time in Plants. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1–11. <http://doi.org/10.3389/fpls.2016.00913>
- McMichael, A. J., Campbell-Lendrum, D. H., Corvalán, C. F., Ebi, K. L., Githeko, A. K., Scheraga, J. D., & Woodward, A. (2003). Climate change and infectious diseases. *Climate change and human health: risks and responses*. World Health Organization. <http://doi.org/10.2307/2137486>
- Mohamed Vall, O. M. A., B., Zein Elabidine O. B., Fouteye M. M., L., Taleb Khyar, O. D., Trifi, M., & Ali O. M. S. (2011). Use of multivariate analysis to assess phenotypic diversity of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 367–371. <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.11.011>
- Moss, G. I. (1976). Temperature Effects on Flower Initiation in Sweet Orange (*Citrus sinensis*). *Aust. J. Agric. Res.*, 27, 399–407.
- Olesen, J. E., Børgesen, C. D., Elsgaard, L., Palosuo, T., Rötter, R. P., Skjelvåg, A. O. et al. (2012). Changes in time of sowing, flowering and maturity of cereals in Europe under climate change. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 29(10), 1527–1542. <http://doi.org/10.1080/19440049.2012.712060>
- Partanen, J., Koski, V., & Hänninen, H. (1998). Effects of photoperiod and temperature on the timing of bud burst in Norway spruce (*Picea abies*). *Tree Physiology*, 18(12), 811–816. <http://doi.org/10.1093/treephys/18.12.811>
- Powell, M. C., & Bunt, A. C. (1978). The effect of temperature and light on flower development in *Pelargonium X Domesticum*. *Scientia Horticulturae*, 8, 75–79.
- Saudreau, M., Marquier, A., Adam, B., & Sinoquet, H. (2011). Modelling fruit-temperature dynamics within apple tree crowns using virtual plants. *Annals of Botany*, 108(6), 1111–1120. <http://doi.org/10.1093/aob/mcr054>



- Schwartz, M. D. (1998). The phylogeny of The Canterbury Tales. *Nature*, 394, 839–840. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1038/29667>
- Semenov, M. A., Martre, P., & Jamieson, P. D. (2009). Quantifying effects of simple wheat traits on yield in water-limited environments using a modelling approach. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(6-7), 1095–1104. <http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.01.006>
- Shabani, F., Kumar, L., & Taylor, S. (2012). Climate Change Impacts on the Future Distribution of Date Palms: A Modeling Exercise Using CLIMEX. *PLoS ONE*, 7(10), 1–12. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0048021>
- Sirisena, S., Ng, K., & Ajlouni, S. (2015). The Emerging Australian Date Palm Industry: Date Fruit Nutritional and Bioactive Compounds and Valuable Processing By-Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(6), 813–823. <http://doi.org/10.1111/1541-4337.12162>
- Trnka, M., Rötter, R. P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K. C., Olesen, J. E., Žalud, Z., & Semenov, M. A. (2014). Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change*, 4(May), 637–643. <http://doi.org/10.1038/NClimate2242>
- Vinson, A. E. (1914). The Effect of Climatic Conditions on the Rate of Growth of Date Palms. *Botanical Gazette*, 57(4), 324–327.
- Warrington, I. J., Fulton, T. A., Halligan, E. A., & Silva, H. N. de. (1999). Apple fruit growth and maturity are affected by early season temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124(5), 468–477.
- Zhang, G., Pan, L., Yin, Y., Liu, W., Huang, D., Zhang, T. et al. (2012). Large-scale collection and annotation of gene models for date palm (*Phoenix dactylifera*, L.). *Plant Molecular Biology*, 79(6), 521–536. <http://doi.org/10.1007/s11103-012-9924-z>