

# Prévision saisonnière de l'évolution phénologique des cultures à travers l'indice GDD en Algérie

Amina BOUCETTA <sup>1\*</sup>, Salah SAHABI-ABED <sup>12\*</sup>, Islam BOUSRI <sup>2\*</sup>

## Abstract

La Prévision de l'indice Growing Degree Day (GDD) est un outil très important dans la prise de décision en agriculture, car il permet de réaliser le suivi phénologique des cultures sur une échelle régionale voire même locale pour assurer un meilleur rendement possible. Il est utilisé également comme un indicateur agro météorologique pour l'évaluation de l'impact des changements climatiques futurs en agriculture, notamment sur le suivi de l'évolution des phases phénologiques. Quelques exemples de cultures sont étudiés à savoir le blé, la tomate et les agrumes, démontrant ainsi l'intérêt de la connaissance préalable de la vigueur de l'indice GDD saisonnier et ses impacts sur les rendements. La prévision de l'indice GDD demeure ainsi un outil d'aide important pour la sécurité alimentaire du pays.

## Keywords

Growing Degree Day, Agriculture, Changements Climatiques, Suivi phénologique.

<sup>1</sup> Direction de la Climatologie et de la Coordination, Office National de la Météorologie, Dar El Beida, Alger

<sup>2</sup> Direction de l'Exploitation Météorologique

\*Correspondant: aminabctt@gmail.com

## Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Donnés et Méthodes</b>	<b>1</b>
2.1	Prévision saisonnière du GDD pour la culture du Blé en Algérie . . . . .	2
2.2	La prévision saisonnière des GDD pour différentes cultures stratégiques en Algérie . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Conclusion</b>	<b>5</b>
	<b>References</b>	<b>5</b>

## 1. Introduction

L'agriculture est un des secteurs clés de l'économie algérienne, qui est menacé de plus en plus par le changement climatique et ses conséquences qui peuvent être dévastatrices, à savoir : l'augmentation des températures, le changement du régime pluviométrique, les événements extrêmes, le décalage saisonnier. Le pays est exposé et reste très vulnérable aux aléas climatiques, où Le degré de vulnérabilité change d'une région à une autre, et d'une culture à une autre[1], d'où la nécessité d'élaborer des stratégies de surveillance du développement des cultures selon chaque type et région par les décideurs et les agriculteurs.

La prévision du climat est un outil très important dans la prise de décision et notamment dans la réalisation des stratégies efficaces de ce secteur[2], à travers cette étude, nous avons exploité les sorties du modèle climatique Arpège-climat afin de réaliser une prévision de l'évolution phénologique des cultures basée sur la mesure d'un indicateur agro

météorologique qui est le Growing Degree Day(GDD) qui relie à la fois les conditions météorologiques ainsi que les processus biologiques et physiologiques du développement des végétaux[3].

Le but principal étant d'introduire un modèle climatique servant à prévoir les phases phénologiques de ces processus depuis le semis jusqu'à la récolte, afin de suivre de près le développement de ses cultures et intervenir au moment adéquat en cas de risques menaçants biotiques (insectes) et/ou abiotiques (conditions climatiques défavorables).

Le GDD est utilisé également pour déterminer et quantifier la durée entre les phases phénologiques des cultures, vu que les études des projections climatiques futures ont signalé un changement très probable dans la durée de ses phases pour les années à venir, par conséquent, une prévision mensuelle ou saisonnière de cet indice va informer l'agriculteur sur la durée probable de la phase phénologique d'une culture donnée.

## 2. Donnés et Méthodes

La température est un paramètre déterminant pour le développement des cultures spécialement dans les zones des moyennes latitudes, toute perturbation de ce paramètre engendrera des conséquences directes sur le développement biologique des cultures (la croissance, le rendement et la qualité des cultures) ainsi que certains mécanismes essentiels de leur survie comme la photosynthèse, l'évapotranspiration. . . etc.

Elle est également essentielle pour la détermination du taux de développement des insectes, car une prévision des GDD donnera une information cruciale sur la survie de

ces derniers, ce qui facilite la gestion des parasites (la date d'apparition, la lutte).

L'indice GDD est une mesure d'accumulation de chaleur, il est utilisé pour prédire le taux de développement des plantes et des ravageurs, par exemple la date à laquelle une culture atteint sa maturité ce qui représente une information cruciale pour l'agriculteur ; l'indice GDD est appelé également unité de chaleur.

Il existe plusieurs méthodes de calcul de l'indice GDD, la formule la plus simple du GDD est donnée par :

$$GDD = \sum \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base} \quad (1)$$

Où Si  $T_{base} > \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$  alors  $GDD = 0$  Dans cette étude, nous avons réalisé une prévision saisonnière de cet indice GDD avec le modèle Arpège-climat où :

**T<sub>max</sub>** : Température maximale prévue (°C).

**T<sub>min</sub>** : Température minimale prévue (°C).

**T<sub>base</sub>** : Température de base de la plante (°C).

**Table 1.** Les températures de base des différentes cultures en (°C)

Culture	Blé-Orge	Pomme de terr	Maïs	Tomate	Agrumes
T de Base °C	0	6	6	12	13

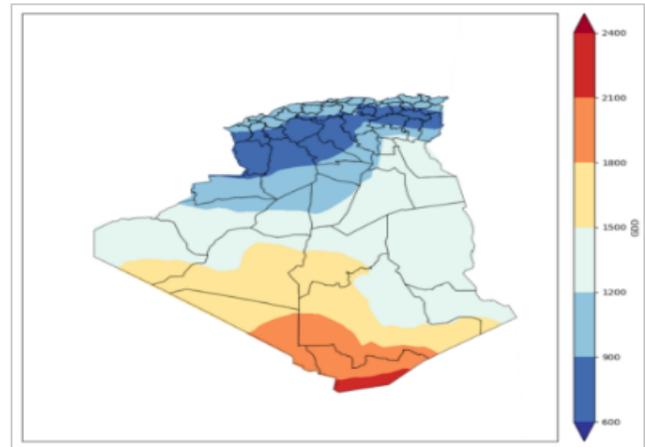
Le tableau ci-dessous (tableau 1) représente la température de base (zéro de végétation) des différentes cultures, qui signifie la température minimale à partir de laquelle une plante se développe c'est-à-dire en dessous de laquelle aucun développement n'est possible, elle est spécifique pour chaque type de culture.

L'accumulation des GDD commence depuis le lendemain de la date de semis jusqu'à la veille de la date de récolte où chaque phase phénologique lui correspond des valeurs de GDD adaptées.

Une Prévision de l'indice GDD peut alors renseigner sur les bonnes pratiques de gestion et d'intervention au moment opportun afin d'éviter les dommages qui peuvent affecter les cultures (parasites, irrigation...).

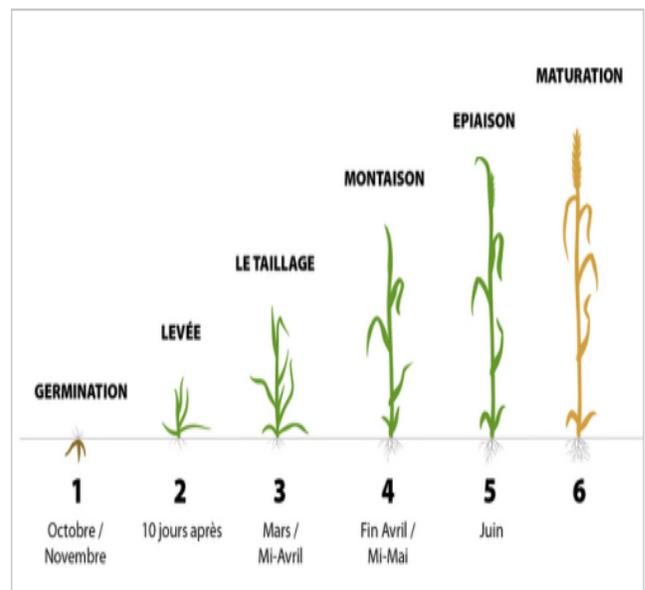
### 2.1 Prévision saisonnière du GDD pour la culture du Blé en Algérie

Le développement du blé est intimement lié aux températures, ce dernier se développe plus rapidement lorsque les températures sont élevées et plus lentement lorsque celles-ci baissent[4]. A titre d'expérimentation nous avons réalisé dans cette étude la prévision saisonnière de l'indice GDD pour la culture de blé en Algérie avec les sorties du modèle Arpège-climat et la température de base du blé qui correspond à 0°C pour la saison Décembre - Janvier - Février 2022 (hivernale). Nous observons sur la carte (figure 1) la variabilité spatiale de la distribution du GDD sur l'ensemble du pays.



**Figure 1.** La Prévision saisonnière des GDD pour le Blé pour la saison Décembre - Janvier - Février 2022 avec le modèle Arpège-climat

- Phases phénologiques du développement du blé :



**Figure 2.** les phases phénologiques du développement de blé

La figure 02 représente les différentes phases phénologiques du développement normal de blé, à partir de la date de semis qui sera fixée [3] par l'agriculteur (selon sa stratégie de semis). Les phases phénologiques prévues seront ensuite exprimées en unités de chaleur (GDD) et comparées aux seuils suivants (tableau 02) qui seront adaptés pour notre région après avoir tourné ce modèle pour une longue durée[5].

- Une prévision saisonnière des GDD aidera l'agriculteur dans le processus de suivi et la gestion de son champ de blé.
- Nous avons réalisé une prévision des différentes phases

**Table 2.** stade de développement du blé en fonction des seuils de GDD

Stade de développement	GDD
Semi - Levée	180-200
Semi - Début tallage	550
Semi- épi 1 cm	1100
Semi - 2 nœuds	1300
Semi- épiaison	2000
Semi- grain pâteux	2800

phénologiques du blé en Algérie pour l'année 2021 avec le modèle Arpège-climat où nous nous servons des résultats de l'étude de Nacira Chourghal et Tarik Hartani intitulée : Quelle stratégie de semis du blé dur en Algérie pour s'adapter au changement climatique [6]? et ce, afin de fixer la date de semis et la durée de chaque phase phénologique du blé en Algérie en nombre de jours.

- Les cartes suivantes représentent les GDD prévues pour la première phase allant du **Novembre 2020** jusqu'au **28 Janvier 2021** (semis-début de tallage) et la deuxième phase depuis **28 Janvier 2021** au **12 Mars 2021** (début de tallage- floraison) :

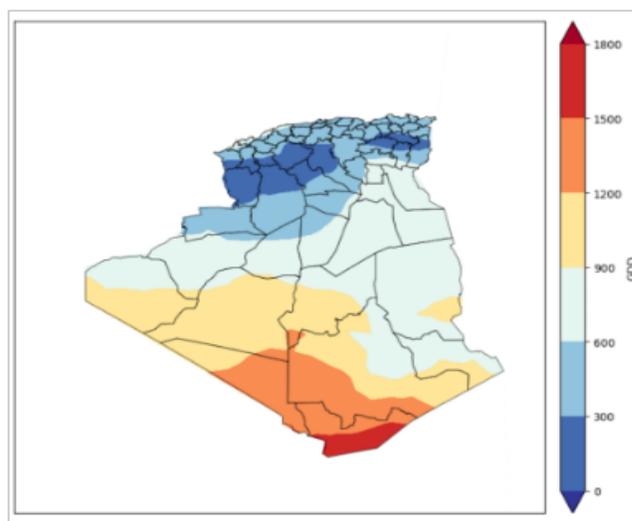
Les phases phénologiques ont été résumées en deux phases principales : **Phase végétative** et **phase reproductrice** ; chacune est divisée en deux phases secondaires comprises **P1** (début de la phase végétative), **P2** (fin de la phase végétative) et **P3** (début de la phase reproductrice), **P4** (fin de la phase reproductrice).

Pour les phases P1 et P2, les valeurs des GDD dépassent les seuils recommandés pour cette phase (GDD = 550) sur la majeure partie du pays, et cela est dû au fait que l'année 2021 a été l'année la plus chaude parmi les dix dernières années, de point de vue températures moyennes avec une anomalie de +1.1°C comparée à la normale climatologique calculée sur la période 1981-2010.

Les cartes suivantes représentent la troisième phase allant du 12 Mars 2021 au 12 Mai 2021 (début de montaison – floraison) et la quatrième phase de 12 Mai 2021 au 28 Juin 2021 (floraison – récolte) : D'après les cartes précédentes des GDD prévues pour le cycle du blé de l'année 2021 en Algérie, nous avons constaté des seuils élevés des GDD pour chaque phase, donc les phases phénologiques étaient courtes, car les températures étaient très élevées (des scores ont été enregistrés sur la partie nord de l'Algérie pour 2021 où se situent les champs de la culture de blé), donc le cycle biologique a été accéléré.

## 2.2 La prévision saisonnière des GDD pour différentes cultures stratégiques en Algérie

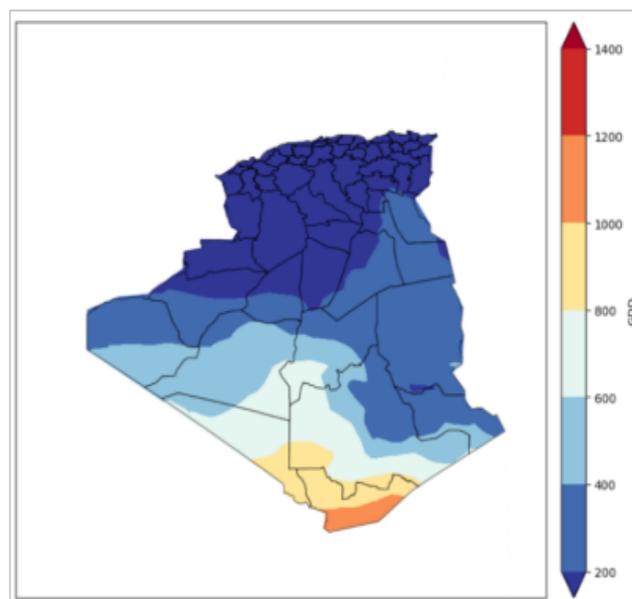
Dans un second volet de cette étude nous nous sommes intéressés au calcul des indices GDD saisonniers pour quelques cultures stratégiques en Algérie, à l'instar de la tomate, la pomme de terre et les agrumes.



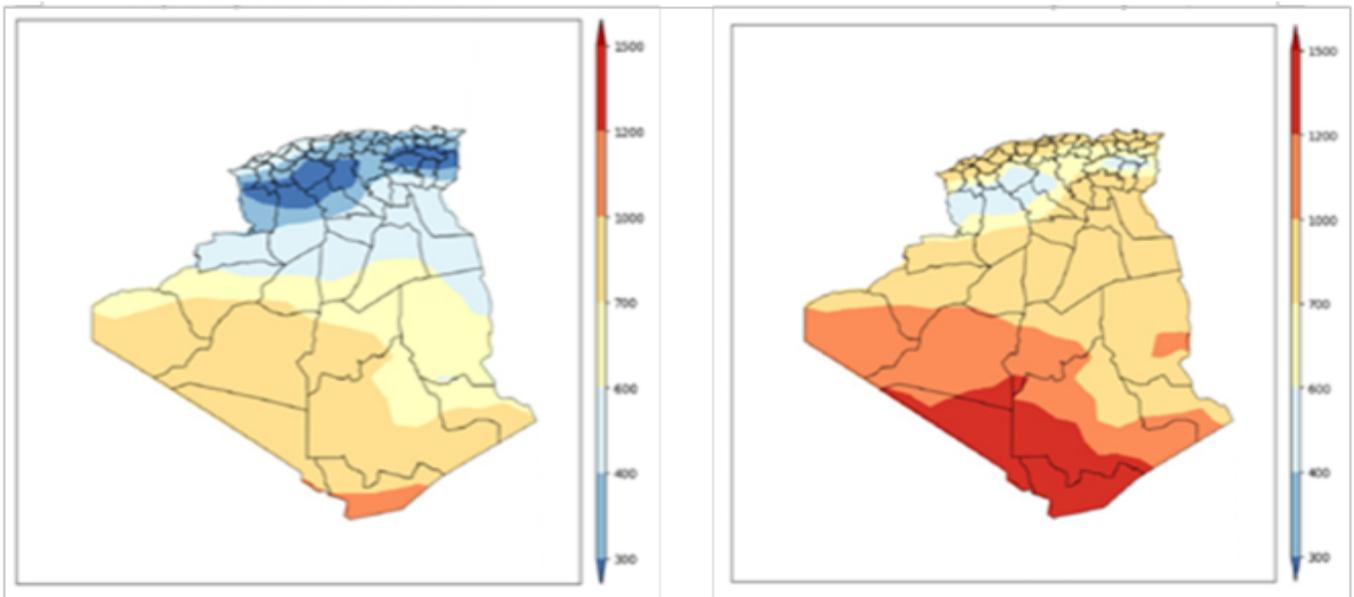
**Figure 5.** Prévision saisonnière des GDD pour la pomme de terre en Algérie pour la saison Décembre - Janvier - Février 2022 avec le modèle Arpège-climat

Les GDD sont également prévus avec des échéances saisonnières, pour la culture de la pomme de terre, comme indiqué dans la figure 5 ci-dessus. La figure 5 représente la prévision saisonnière des GDD pour la pomme de terre pour la saison Décembre - Janvier - Février 2022 avec le modèle Arpège-climat. Les valeurs de l'indice GDD seront ensuite comparées avec des seuils propres à la culture de la pomme de terre.

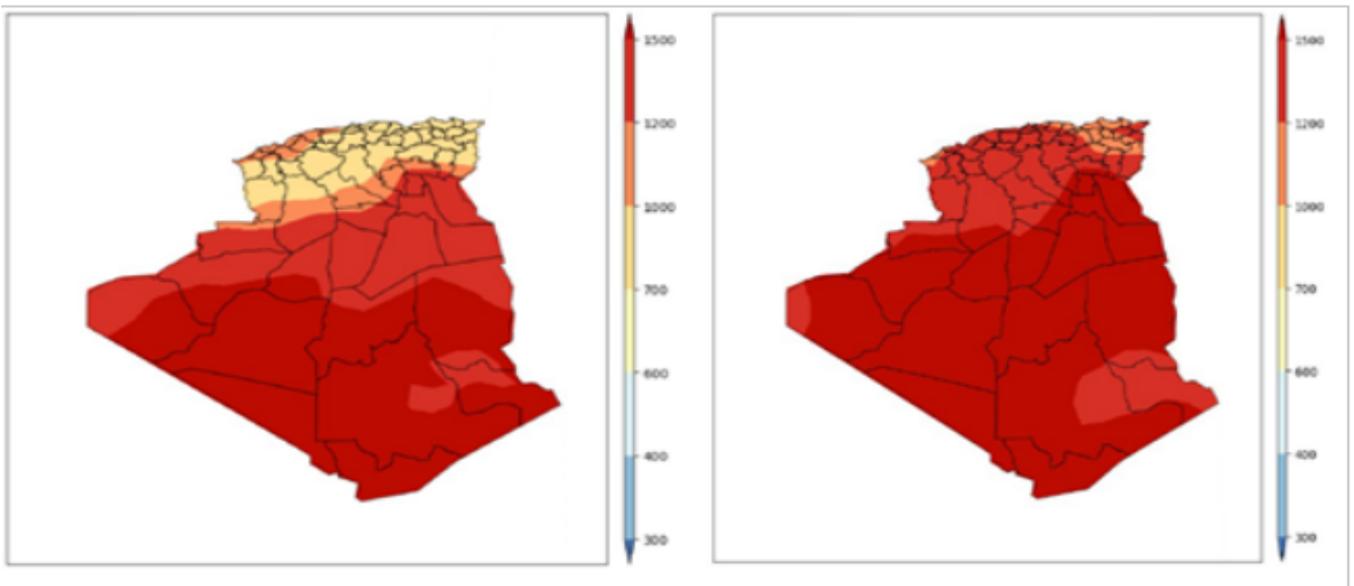
Ci-dessous les cartes des GDD saisonniers prévus pour la Tomate et les Agrumes :



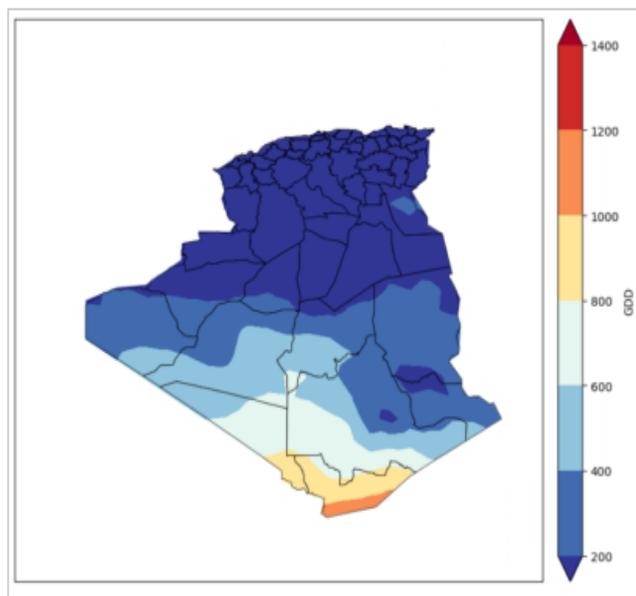
**Figure 6.** Prévision saisonnière des GDD pour la Tomate en Algérie pour la saison Décembre - Janvier - Février 2022 avec le modèle Arpège-climat



**Figure 3.** L'indice GDD pour les phases phénologiques 01 et 02 de développement du blé en Algérie avec le modèle Arpège-climat prévus pour l'année 2021.



**Figure 4.** L'indice GDD cumulés des phases phénologiques 03 et 04 du développement du blé en Algérie avec le modèle Arpège-climat prévus pour l'année 2021.



**Figure 7.** Prévision saisonnière des GDD pour les Agrumes en Décembre - Janvier - Février 2022 avec le modèle Arpège-climat

### 3. Conclusion

Les modèles climatiques représentent un outil très précieux dans la prise de décision en agriculture, car les situations météorologiques et climatologiques conditionnent toujours les processus de développement des végétaux. Les modèles de prévision climatiques saisonnière sont devenus un outil incontournable dans la gestion des cultures depuis le processus de développement, jusqu'au rendement voire même la qualité des cultures.

Le modèle proposé dans cette étude est appelé modèle phénologique des végétaux, il est fondé sur la prévision de l'indice Growing Degree Day (GDD), autrement dit, basé sur l'accumulation thermique. Il prévoit l'évolution des phases phénologiques des cultures et assiste l'agriculteur dans le suivi de sa culture depuis le semis jusqu'à la récolte. La prévision du GDD permet en outre la comparaison avec des seuils préalablement définis pour chaque culture, ce qui donnera à l'agriculteur une connaissance sur la date d'une récolte optimale par exemple. Un GDD prévu permettra aussi de prévoir l'arrivée probable des ravageurs ce qui aidera l'agriculteur à réagir au moment opportun et prendre ses dispositions afin

'intervenir et éviter les dégâts menaçant sa culture.

Le modèle utilisé dans cette étude nécessitera une validation avec les données d'observation et les feedbacks des agriculteurs demeurent par conséquent cruciaux avant de réajuster les modèles de prévision des GDD à l'avenir.

Comme nous avons pu montrer l'intérêt capital de l'utilisation des produits météorologiques pour le suivi des cultures stratégiques pour le pays. L'usage des indicateurs prévus contribue fortement dans l'orientation de l'agriculteur ainsi que les services chargés du domaine agricole pour le choix des cultures adaptées aux conditions météorologiques et climatiques prévues et de dresser par conséquent des programmes d'intervention selon l'évolution de celles-ci et ce, afin d'optimiser et d'assurer les meilleurs rendements agricoles.

L'application ainsi que la validation de cette application agro-météorologique et l'étude d'une possible extension à d'autres cultures nécessiteront une collaboration étroite entre les services météorologiques et ceux de l'agriculture.

### References

- [1] EA Grigorieva, A Matzarakis, and CR De Freitas. Analysis of growing degree-days as a climate impact indicator in a region with extreme annual air temperature amplitude. *Climate Research*, 42(2):143–154, 2010.
- [2] MP Lepage and G Bourgeois. Modèles bioclimatiques pour la prédiction de la phénologie, de la croissance, du rendement et de la qualité des cultures, 2012.
- [3] Perry Miller, Will Lanier, and Stu Brandt. Using growing degree days to predict plant stages. *Ag/Extension Communications Coordinator, Communications Services, Montana State University-Bozeman, Bozeman, MO*, 59717(406):994–2721, 2001.
- [4] MH Ali, MR Hoque, AA Hassan, and MA Khair. Photo-thermal unit requirement of wheat under different levels of irrigation. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 2(452-2018-3790):351–360, 2004.
- [5] Hari Ram, Neha Gupta, and Johar Singh Saini. Growing degree day requirements and yield ability of irrigated durum wheat as influenced by sowing time. *Agric. Res. J*, 53:303–306, 2016.
- [6] Nacira Chourghal and Tarik Hartani. Which sowing strategy for durum wheat in Algeria to adapt to climate change? *CAHIERS AGRICULTURES*, 29, 2020.