



République Algérienne Démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة محمد البشير الابراهيمي ببرج بوعريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A
كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الارض و الكون
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers
قسم العلوم الفلاحية
Département des sciences Agronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Agronomiques
Spécialité : Aménagement Hydro Agricole

Thème

Quelles stratégies d'adaptation des cultures face aux changements climatiques en zone méditerranéenne ?

Présenté par : - **Nasri Ismahene**
- **Ben hamimid Chahinez**

Devant le jury :

Président : M^{me} LAOUFI Hadjer.....MAA (Univ. Bordj Bou Arréridj)
Encadrant: M^{me} Chourghal Nacira.....MCA (Univ. Bordj Bou Arréridj)
Examineur: Mr BENAINI Mohamed.....MAA(Univ. Bordj. Bou. Arréridj)

Année universitaire : 2019/2020

REMERCIEMENT

Avant tout, je remercie Dieu Tout-Puissant, qui m'a donné force et patience pour renouveler cette humble œuvre, et à la fin je suis heureux d'exprimer mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué à notre soutien moral.

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude ainsi que nos sincères remerciements à notre promoteur, le **Dr. Chourghal Nacira** pour son leadership dans ce travail, et pour la confiance et l'intérêt qu'elle a imaginé en nous tout au long de ce travail malgré les difficultés que nous avons rencontrées et avec la crise actuelle, Covid. 19.*

Merci à tous

Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Les prières et la paix soient sur le plus honorable de l'humanité, notre maître **Mohammad**, et louange à Dieu par qui les actions justes sont accomplies et qui m'a réussi à compléter mes notes de fin d'études*

Ce dédicace s'adresse à vous qui étiez-vous qui m'avez soutenu et aidé dans ma carrière académique. Vous êtes ceux qui m'ont fait confiance et ont fait de moi un atout à ce niveau avec votre amour et vos encouragements pour moi

*Je mentionne surtout **ma mère**, la prunelle de mes yeux, ma joie et mon espoir dans la vie, et **mon père** est mon soutien dans la vie*

*Et à mes frères **Marouane, Nadir, Anwar** et ma petite sœur **Bouthaina***

*À mon cher mari **Ala Eddine**, à la famille de mon mari et à ma famille*

*À mon ami, ma chère et mon collègue dans un mémoire, **Chahinez**, et mes amies qui ont partagé ma carrière universitaire avec **Zahra, Hadjar, Samah, Fouzia** et **Warda***

Et tous mes camarades de classe

En fin de compte, je me félicite de ne pas avoir été fatigué ou ennuyé par le succès de Dieu tout au long de ces années.

Merci à tous

Merci

Ismahane

Dédicace

*Nos remerciements avant tout le grand dieu Allah, le plus puissant le miséricordieux. Je dédie mon travail et mon succès à celui qui m'a élevé et m'assure de tout accomplir pour moi à **mon père**, que Dieu ait pitié de lui À tout ce que ma **chère mère** possède*

*J'exprime nos plus profonds remerciements à notre encadreur Madame **chourghal Nacira** pour l'aide précieuse qu'elle nous apportait et les conseils infiniment utiles qu'elle nous prodiguait pour la réalisation de ce*

*À mes frères bien-aimés **Antar Haydar Taher Yakoub***

*À mes chères sœurs **Naima Saida, Wahiba Zahra Nadia** À tous mes chers petits-enfants À mon oncle et mon assistant, **Aissi Zohir**.*

*À mon amie, sœur et partenaire au travail sur les efforts considérables, l'esprit de persévérance et de travail acharné, **Ismahene***

*Aux compagnons de ma carrière universitaire et aux plus précieux d'entre eux **Hadjer Zahra Hadjer Chaima**.*

À tous ceux qui ont contribué à mon succès, de près ou de loin, et à tous mes collègues et collègues de la spécialité.

Chahinez

TABLE DES MATIERES :

Liste des abréviations :	iii
Liste des figures.....	iii
I. Introduction :.....	1
II. Le changement climatique en zone méditerranéenne.	3
II .1.Définition	3
1. Climat	3
2. Changement climatique	3
3. La zone méditerranéenne	3
II.2. Le climat actuel en zone sud- Méditerranéenne.....	6
II.3. Modélisation du climat :	7
II.4. Scénario climatique (SRES/RCP) :	9
a. Scénario climatique SRES:	9
b. Scénario climatique RCP :.....	10
II.5. Le climat futur en zone méditerranéenne :	12
II.5.1. Températures :.....	12
II.5.2. La précipitations.....	15
II.5.3. Événement extrêmes :	17
III : Impacts du changement climatique sur les cultures	18
III .1. Impact de la croissance des températures sur les cultures méditerranéennes :.....	18
III .2. Impact de la diminution des précipitations et des sécheresses sur les cultures méditerranéennes	19
A. En grande culture:	19
B. En cultures pérennes:	20
C. Les effets indirects:.....	20
D. Les effets sur la composition des graines et fruits.....	21
III .3. Impact de la croissance du taux de co₂ dans l'atmosphère sur les cultures méditerranéennes	21
IV. Stratégies d'adaptation.....	23
IV.1. La date de semi :	24

IV.2. Les variétés précoces :	25
IV.3. Irrigation :	26
IV.4. La fertilisation :	28
V. Conclusion	30
VI. Références bibliographiques :	0
Résumé	7

Liste des abréviations

FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
SMDD	Stratégie Méditerranéenne de Développement Durable
CDN	Communication Déterminée au niveau National
RCP	Représentative Concentration Pathway
SRES	Spécial Report on Emissions Scenarios
PPb	Parties par billions (unité de concentration)
Ppm	Parties par millions
Rh	Part hétérotrophe
Ra	Part autotrophe
Raa	Partie aérienne des plantes
Rar	Partie aérienne des racines

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Le bassin méditerranéen (Google maps)	4
Figure 2: Les 25 "hot spots" au monde sur le plan du changement climatique (Futura-Sciences)	5
Figure 3: Emissions mondiales de GES https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/fr/figure-3-1.html https://www.lenntech.fr/effet-de-serre/ipcc-sres-scenarios-causes.htm	10
Figure 4: Evolution des émissions de CO2 annuelles mondiales en gigatonnes selon les Scénarios RCP 2,6 , RCP 4,5 ,RCP 6,0 ,et RCP 8,5 (source :IPCC,2014)	11
Figure 5: Evolution des concentrations atmosphériques moyennes de gaz à effet de serre entre 1850 et 2015. En rouge, le protoxyde d'azote en ppb5, en jaune, le méthane en ppb et en vert le dioxyde de carbone en ppm6 (Source: I.P.C.C., 2014).	12
Figure 6 : Structure spatiale de la température annuelle moyenne de l'air près de la surface de la Méditerranée pour 1991–2010 et changement prévu au cours de la période 2000–2050.....	14
Figure 7 : Structure spatiale des précipitations annuelles moyennes sur la Méditerranée pour 1991–2010 (a) et son évolution prévue sur la période 2000–2050.	16
Figure 8: Schéma présentant les différents termes de la respiration de l'écosystème culturel (Source : Delogu, 2011).	23
Figure 9 : Zone d'étude: les parties de l'écorégion méditerranéenne sous irrigation variant d'un pourcentage faible à élever (Olson et al.2001; Siebert et al.2005, 2013), en outre représentées sont les 124 cas où des adaptations ont été signalées.....	27
Figure 10: Cartes de contexte spatial, illustrant la variabilité spatiale et la probabilité d'adaptations en général et les cinq catégories distinctes.	28

I. INTRODUCTION

Il est évident aujourd'hui que le changement climatique a un impact sur les systèmes humains et naturels sur tous les continents et les océans (**I.P.C.C., 2018**).

Depuis 1950, l'atmosphère et l'océan se réchauffent. La quantité de neige et de glace sur la terre a diminué. Le niveau de la mer a augmenté. Les jours extrêmement chauds et les fortes précipitations sont plus fréquents (**I.P.C.C., 2018**). Ces bouleversements sont des conséquences du changement climatique.

D'après le rapport de l'IPCC de 2018, on estime que les activités humaines ont provoqué un réchauffement de la planète d'environ 1,0°C par rapport aux moyennes de températures observées avant la période préindustrielle (deuxième moitié du 18ème siècle). Le réchauffement atteindrait 1,5°C entre 2030 et 2052 si la tendance reste équivalente (**I.P.C.C., 2018**). Celui-ci est essentiellement dû à l'émission anthropogénique de gaz à effet de serre. Ces émissions sont largement conduites par une croissance économique et une population mondiale toujours croissante. Le maintien de la sécurité alimentaire mondiale face à cette population croissante et ce changement climatique constitue un défi majeur pour l'agriculture qui est une activité liée aux écosystèmes dont l'humanité a besoin.

En 2009, 1.5 milliards d'hectares ont été cultivés dans le monde. Ce nombre reste en augmentation afin de répondre à la demande croissante (**F.A.O., 2010**). C'est une raison pour laquelle l'étude de l'impact du changement climatique sur une culture et ses échanges de gaz avec l'atmosphère est et restera essentielle.

La mesure mais aussi la prédiction du comportement des écosystèmes dans le futur est nécessaire. De nombreux modèles ont été créés afin d'étudier l'effet de multiples facteurs environnementaux sur une culture. Dans ce contexte, la modélisation est un outil indispensable. Plus précisément, un modèle de culture permet de prédire le développement et les échanges de gaz à effet de serre d'une plante en croissance en fonction des conditions climatiques et environnementales changeantes (**Jones et al, 2017**).

La Méditerranée est unique par ses spécificités historiques et géographiques, ainsi que par son patrimoine naturel et culturel. Au carrefour de trois continents, avec l'Europe au Nord, l'Asie Occidentale à l'Est et l'Afrique du Nord au Sud, elle constitue une zone d'échanges multiples et d'importance stratégique aussi bien au niveau régional (euro-méditerranéen) que mondial. C'est également une zone où les grands déséquilibres planétaires

(environnementaux, sociaux et économique) sont représentés de façon concentrée et exacerbée.

Selon le rapport du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (**GIEC, 2014**), la région Méditerranéenne a été identifiée comme l'un des 25 « hot spots » au monde sur le plan du changement climatique. Derrière cette réalité préoccupante à l'échelle régionale se cachent également de fortes disparités, notamment entre les pays du Sud et de l'Est du bassin Méditerranéen, plus vulnérables, et ceux de la rive Nord.

Le secteur agricole est d'une importance vitale pour la Méditerranée. En plus d'assurer la sécurité alimentaire, le secteur emploie une part considérable de la population et contribue de manière significative à l'économie des régions. Par ailleurs, les études montrent que l'agriculture nord-africaine est susceptible d'être parmi les plus affectées par le changement climatique, non seulement du fait de sa forte dépendance à la pluviométrie, mais aussi et surtout en raison de sa faible capacité d'adaptation aux changements climatiques (Mertz et al., 2009). Face à ces contraintes, l'adoption de certaines stratégies d'adaptation, telles que le bon choix des dates de semis, l'utilisation de variété précoce, l'irrigation et la fertilisation, pourrait permettre de limiter la chute des rendements des cultures projetée être importante dans le climat futur en milieu méditerranéen (**Chourghal et al., 2015 ; 2020**).

L'objectif de ce travail est de s'interroger sur les stratégies d'adaptation des cultures pouvant faire face aux changements climatiques en région méditerranéenne?

II. Le changement climatique en zone méditerranéenne

I.1.Définitions

1.1.Climat

Au sens étroit du terme, le climat désigne en général le temps moyen ou, plus précisément, se réfère à une description statistique fondée sur les moyennes et la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes variant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années (la période type, définie par l'Organisation Météorologique Mondiale, est de 30 ans). Ces grandeurs sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, la hauteur de précipitation et le vent. Dans un sens plus large, le climat désigne l'état du système climatique, y compris sa description statistique. **(Ouzeau et al., 2014).**

1.2.Changement climatique

C'est une variation de l'état du climat, qu'on peut déceler (par exemple au moyen de tests statistiques) par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des forçages externes, notamment les modulations des cycles solaires, les éruptions volcaniques ou des changements anthropiques persistants dans la composition de l'atmosphère ou dans l'utilisation des terres. **(Ouzeau et al., 2014).**

II.2. La zone méditerranéenne

2.1.Généralités

La Mer Méditerranée occupe un bassin d'environ 2,6 millions de km², rassemble 75 bassins hydrologiques côtiers et regroupe 224 régions administratives côtières, avec un total de 46 000 km de littoral« **PNUE/PAM, 2016** ». La Méditerranée, c'est également un territoire pluriel, riche d'un héritage culturel varié, bordée de 22 pays riverains (23 en

incluant le Royaume-Uni (Gibraltar)) qui rassemblent près de 460 millions d'habitants (**Fig. 1**)



Figure 1: le bassin méditerranéen (<https://www.google.fr/maps/>)

Elle est bordée de 22 pays riverain, répartis sur trois rives :

- La rive Nord, qui regroupe notamment les pays membres de l'Union Européenne (l'Espagne, la France, Monaco, l'Italie, Malte, la Slovénie, la Grèce) ainsi que la Bosnie- Herzégovine, le Monténégro et l'Albanie.
- La Rive Est avec Chypre, la Turquie, la Syrie, le Liban, Israël, et Palestine.
- La Rive Sud qui regroupe cinq pays d'Afrique du Nord : l'Égypte, la Libye, la Tunisie, l'Algérie et le Maroc.

2.2. Importance et contraintes

C'est une zone de biodiversité exceptionnelle, comportant un nombre important d'espèces endémiques. Les espèces marines méditerranéennes représentent ainsi 4 à 18 % des

espèces marines connues dans le monde dans une zone couvrant moins de 1 % des océans du Globe. (PNUE/PAM, 2016). Cette région du monde est donc unique par ses spécificités historiques et géographiques, son patrimoine naturel et culturel. (Plan Bleu, 2005).

Au carrefour de trois continents, elle est une zone d'échanges multiples, d'importance stratégique pour le monde. Etant composée de pays à niveau de revenu et de développement social très différents, c'est aussi une zone de fracture Nord-Sud ; même si d'importants progrès ont été réalisés dans les pays en développement de la rive Sud depuis 15 à 20 ans, des situations d'instabilité persistent ainsi que des inégalités importantes. (Plan Bleu, 2005).

Son développement est conditionné par son environnement naturel mais il tend paradoxalement à être dégradé par les activités économiques qui le surexploitent et épuisent les ressources. Les pressions sur l'environnement sont renforcées par les effets du changement climatique qui sont plus marqués dans cette région du monde. En effet, les rapports du GIEC montrent que le changement climatique global implique une redistribution des cartes aboutissant à des dérèglements locaux très différenciés selon les régions (Plan Bleu, 2005).

Le GIEC identifie le bassin Méditerranéen dans son ensemble comme une des zones particulièrement exposées, un des 25 points chaud mondiaux (GIEC, 2013).



Figure 2: Les 25 "hot spots" au monde sur le plan du changement climatique (Futura-Sciences)

Cependant, le contexte est très différent entre la partie Sud et Ouest du bassin (allant du Maroc à la Turquie) et la partie Nord du bassin (allant de la péninsule ibérique à la

Grèce). En premier lieu, les pays situés sur la rive Sud- Ouest subissent et subiront un réchauffement plus marqué. Même si la dernière décennie a été la plus chaude jamais enregistrée pour le bassin méditerranéen ; le réchauffement a été beaucoup plus marqué dans certaines régions, notamment en Afrique du Nord (**OMM, 2011**)

La gouvernance environnementale y figure parmi les plus développées du monde, notamment grâce aux initiatives menées au niveau européen. Les préoccupations sont très orientées vers la réduction des émissions depuis longtemps. Plus récemment, l'Europe s'est aussi préoccupée de l'adaptation et s'est doté en 2013 d'une stratégie européenne en la matière. La Méditerranée illustre ainsi parfaitement la problématique mondiale du changement climatique.

II.3. Le climat actuel en zone sud- Méditerranéenne.

Toutes les études scientifiques montrent que le bassin Méditerranéen est particulièrement touché par le changement climatique global et ses impacts , notamment par la hausse des températures, la montée du niveau des eaux, ainsi que le renforcement des évènements climatiques extrêmes (vagues de chaleur, précipitations massives, etc.) et la dégradation de l'environnement naturel (sécheresses, inondations, canicules, feux de forêt, stress hydrique, désertification, érosion ou encore forte dégradation de la biodiversité terrestre et marine) (**Plan Bleu, 2015**)

D'après les études du GIEC (**GIEC, 2013**), une hausse substantielle des températures est à prévoir : autour de 2°C en fonction des saisons et des scénarios d'ici 2050, 2 à 6°C d'ici 2100. Dans tous les cas, la hausse des températures en Méditerranée sera supérieure à la hausse des températures mondiale.

Les précipitations globales pourraient légèrement diminuer, mais avec de fortes disparités : diminution assez importante sur les rives Sud et augmentation des précipitations sur la rive Nord

Toujours selon le dernier rapport du GIEC, certaines zones connaîtront une hausse du niveau de la mer de 6mm/an en moyenne, alors que des baisses de plus de 4mm/an pourront être enregistrées dans d'autres zones du bassin Méditerranéen (**PNUE/PAM, 2016**).

Enfin, et selon le scénario d'émissions RCP4, 5 (Représentative Concentration Pathway) du cinquième rapport d'évaluation du GIEC, publié en 2014-2015, il est prévu que « d'ici 2100 les températures moyennes pourraient augmenter jusqu'à 7,5 °C et les précipitations moyennes baisser jusqu'à 60 %. En ce qui concerne le niveau de la mer, une augmentation moyenne de 0,4 à 0,5 m est projetée pour la plus grande partie de la Méditerranée. » (GIEC 2015).

II.4. Modélisation du climat

Le rythme de l'opinion climatique est régi par les publications de L'IPCC, qui à travers ses rapports d'évaluation du changement climatique trace à chaque fois de nouvelles lignes pour ses activités. Les résultats présentés dans les différents rapports de l'IPCC sont basés sur les observations climatiques réelles ainsi que sur les sorties des modèles de simulation du climat.

4.1. Les modèles climatiques

Les modèles climatiques sont des outils importants permettant d'interpréter les observations ainsi que les interactions entre les composantes climatiques, et d'estimer les évolutions à venir. Ce sont des modèles numériques qui intègrent une suite d'interprétations physiques des composantes climatiques ainsi que leurs différentes interactions essentielles pour reconstruire les grandes tendances climatiques semblables aux observations réelles. Les modèles climatiques analysent les processus climatiques sur la base de points grilles en trois dimensions, à travers lesquelles les flux de masse et d'énergie ainsi que leur stockage sont quantifiés par un ensemble d'équations.

Ces modèles permettent de simuler l'ensemble des réponses possibles de l'atmosphère, de l'océan, de la surface terrestre et de la glace marine aux différentes variabilités internes, naturelles et anthropiques. Les inputs de ces modèles comprennent à la fois des variables naturelles (telles que les variations dans le rayonnement solaire) et des variables anthropiques (telles que les émissions de gaz à effet de serre). On distingue deux types de modèles : les modèles globaux « GCM » et les modèles régionaux « RCM ».

Les modèles globaux connus sous le nom de « modèles de circulation globale » ou « modèles de circulation générale » et désignés par le symbole « GCMs », sont des modèles basés sur des principes physiques robustes et capables de reproduire les conditions climatiques du passé récent ainsi que de prédire le changement climatique futur (IPCC, 2001,

2007 ; Pierce et al., 2009). Les modèles globaux couvrent l'ensemble du globe avec une faible résolution spatiale (150-250 km). Actuellement, plus d'une douzaine de centres à travers le monde développent des modèles climatiques dans le but d'améliorer notre compréhension du climat et du changement climatique ainsi que pour appuyer l'activité de l'IPCC (**Reichler et Kim, 2008**).

Toutefois, ces modèles climatiques ne sont pas parfaits, principalement parce que la compréhension théorique actuelle du climat est encore incomplète et une large gamme de processus environnementaux et terrestres reste encore incertaine, conduisant à une simplification et donc une erreur dans la prédiction.

Divers modèles ont été évalués par différents auteurs (**Lin et al., 2006; Neelin et al., 2006; Chou et al., 2008; Cayan et al., 2009; Xavier et al., 2009**) et il est actuellement admis que les GCMs fournissent une estimation quantitative crédible sur le changement futur du climat, particulièrement à l'échelle continentale (**Jarvis et al., 2010**). La fiabilité de ces estimations est plus élevée pour certaines variables (température) que d'autres (précipitation) (**IPCC, 2007**).

Les modèles régionaux désignés par le symbole « RCMs » recouvrent une partie seulement du globe et ont une plus haute résolution (50-20 km) ou un «maillage plus fin » sur la zone étudiée. La simulation des processus physiques (relief, trait de côte complexe, contraste terremer, îles) leur permet d'obtenir une représentation fine du climat. Toutefois, seul un certain nombre de facteurs sont représentés, comme les évolutions de l'atmosphère et de la végétation, alors que les caractéristiques de l'océan ne sont prises en compte que dans les modèles globaux (**Hallegatte et al., 2008**).

Afin de conduire des études d'impact à une échelle plus fine, des modèles de circulation régionale peuvent être imbriqués à l'intérieur de modèle de circulation globale, c'est l'étape de la «régionalisation des données climatiques» (**Burroughs, 2007**). Il s'agit de raffiner spatialement les données climatiques en essayant de prendre en compte les hétérogénéités spatiales non ou mal prises en compte par les modèles climatiques globaux (relief, trait de côte, usage des sols) et de corriger par conséquent les distributions spatio-temporelles des variables climatiques d'intérêt de leurs défauts statistiques les plus pénalisants (**Terray et al., 2012**).

Deux approches existent en matière de méthodes de descente d'échelle (scaling-down) ; l'approche dynamique qui consiste à résoudre explicitement la physique et la dynamique du système climatique régional et l'approche statistique qui repose sur la recherche d'une

relation statistique entre les variables locales et les prédictions des modèles (**chourghal, 2016**)

II.4.2. Scénarios climatiques

a/ Scénario climatique SRES :

« **Spécial Reports on Emission Scenarios** » (**Nakicenovic et Swart, 2000**), les scénarios futurs ont été regroupés en quatre grandes familles, en se basant sur trois hypothèses principales: l'évolution démographique, le développement économique et social et le degré du développement technologique ainsi que son orientation (utilisation des énergies renouvelables). Ces quatre familles de scénarios sont organisées et hiérarchisées depuis ceux susceptibles de produire un haut forçage anthropique en raison de la forte utilisation de l'énergie combustible fossile jusqu'à ceux à faible forçage à cause de la réduction de la consommation et de l'introduction de nouvelles technologies plus efficaces.

Les quatre familles de scénarios SRES peuvent être décrites en résumé comme suit:

–**Famille A1** : C'est la famille des scénarios les plus grands émetteurs en gaz à effet de serre.

Elle fait l'hypothèse d'un monde caractérisé par une croissance économique très rapide, un pic de la population mondiale au milieu du siècle et l'adoption rapide de nouvelles technologies plus efficaces. Cette famille de scénarios se divise en trois groupes qui correspondent à différentes évolutions technologiques du point de vue des sources d'énergie :

a/ à forte composante fossile (A1F1),

b/ non fossile (A1T)

c/ équilibrant les sources (A1B).

– **Famille A2** : elle décrit un monde très hétérogène basé sur l'autosuffisance et la préservation de l'identité locale. Elle est caractérisée par une forte croissance démographique, un faible développement économique et de lents progrès technologiques.

– **Famille B1** : elle décrit un monde convergent présentant les mêmes caractéristiques démographiques que la famille A1, mais avec une évolution plus rapide des structures économiques vers une économie de services et d'information et l'introduction de technologies propres et économes en ressources.

– **Famille B2** : elle décrit un monde caractérisé par des niveaux intermédiaires de croissances démographique et économique, privilégiant l'action locale pour assurer une durabilité économique, sociale et environnementale. Elle fait référence à un monde sobre en

consommation énergétique et peu émetteur. Pour tous les scénarios SRES, l'émission de CO₂ augmente durant les premières décades du 21^{ème} siècle (Fig. 3). Cette tendance continue 2100 dans les scénarios A2 et B2, alors que pour le reste des scénarios l'émission atteint un pic à partir duquel elle décroît. (Chourghal, 2014)

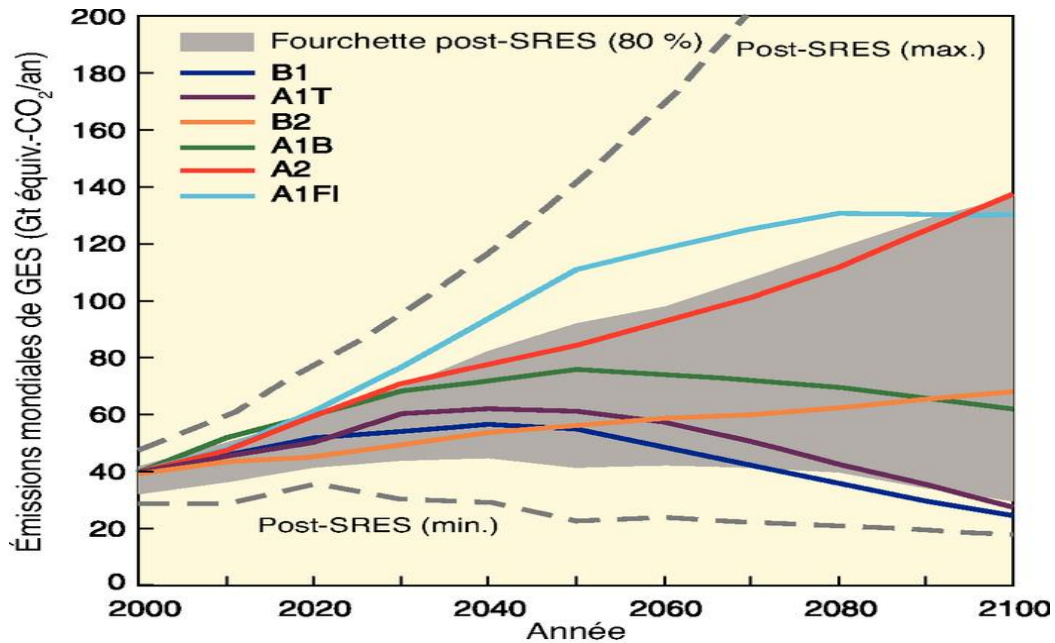


Figure 3. Émissions mondiales de GES

https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/fr/figure-3-1.html

<https://www.lennotech.fr/effet-de-serre/ipcc-sres-scenarios-causes.htm>

b/ Scénario climatique RCP

Le **G.I.E.C.** envisage 4 différents scénarios (**R.C.P.**) selon ces émissions et le forçage équivalent estimé: trois scénarios de stabilisation des émissions, RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6 et un scénario qui garde la tendance actuelle, RCP 8.5.

La figure 4, représente les émissions de CO₂ selon les différents RCPs (lignes) et les catégories de scénarios utilisés en WGIII (les aires colorées montrent une gamme de 5 à 95 %) (**I.P.C.C., 2014**).

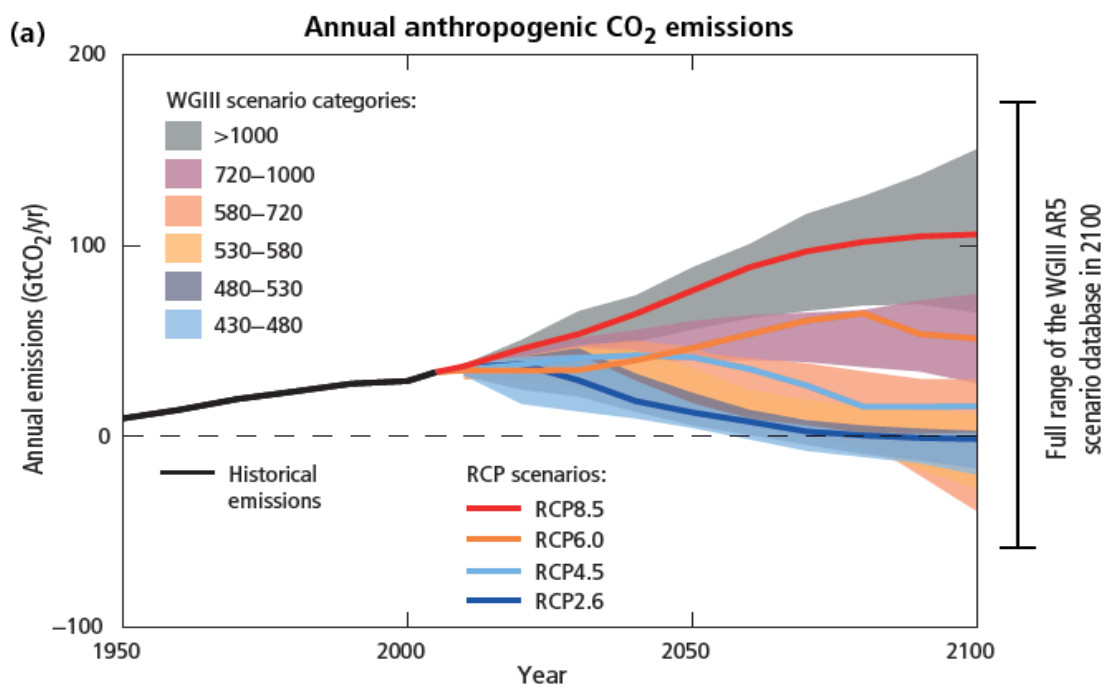


Figure 4: Evolution des émissions de CO₂ annuelles mondiales en gigatonnes selon les Scénarios RCP 2,6 , RCP 4,5 ,RCP 6,0 ,et RCP 8,5 (source :**IPCC,2014**)

Les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et d'oxyde nitreux ou protoxyde d'azote (N₂O) se sont accrues à des niveaux jamais atteints dans les 800.000 dernières années (**Lüthi et al., 2008; Van Ypersele, 2017**).

La source de ces augmentations est la deuxième révolution industrielle, phénomène qui a commencé dans les années 1850. Le graphique suivant (figure 10) illustre cette nette augmentation Ces gaz contribuent au réchauffement en absorbant une partie du rayonnement infrarouge émis à la surface de la terre et renvoient celle-ci vers la terre. Ce phénomène est appelé l'effet de serre.

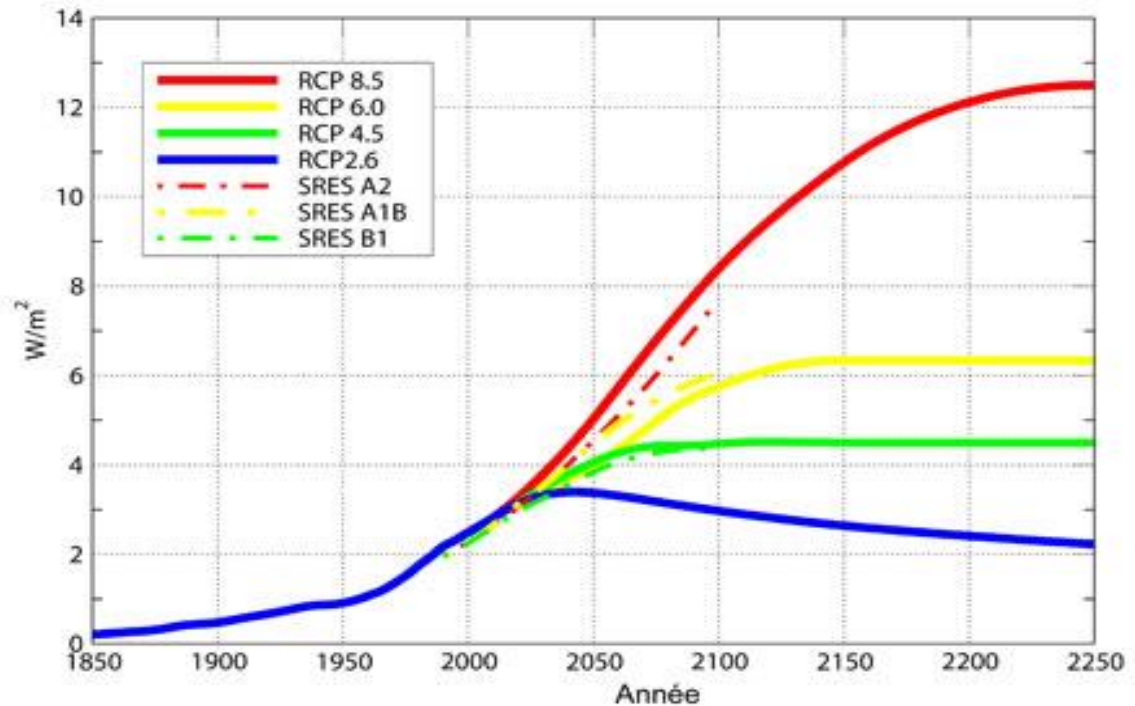


Figure 5: Evolution des concentrations atmosphériques moyennes de gaz à effet de serre entre 1850 et 2015. En rouge, le protoxyde d'azote en ppb5, en jaune, le méthane en ppb et en vert le dioxyde de carbone en ppm6 (*Source: I.P.C.C., 2014*).

II.5. Le climat futur en zone méditerranéenne :

II.5.1. Températures :

a/ A l'horizon 2021-2050 :

- Une hausse des températures moyennes, comprise entre 0,6 °C et 1,3 °C [0,3 °C/ 2 °C] 1, toutes saisons confondues, par rapport à la moyenne de référence calculée sur la période 1976-2005, selon les scénarios et les modèles.

- Une augmentation du nombre de jours de vagues de chaleur en été, comprise entre 0 et 5 jours sur l'ensemble du territoire, voire de 5 à 10 jours dans des régions du quart Sud.

- Une diminution des jours anormalement froids en hiver sur l'ensemble.

b/ A l'horizon 2071-2100 :

Un forte hausse des températures moyennes. Pour le scénario RCP2.6, elle est d 0,9 °C [0,4 °C/1,4 °C] en hiver, et de 1,3 °C [0,6 °C/2 °C] en été. Pour le scénario RCP8.5, elle est comprise entre 3,4 °C et 3,6 °C [1,9 °C/3,4 °C] en hiver, et entre 2,6 °C et 5,3 °C [3,2 °C/5,1 °C] en été. Cette hausse devrait être particulièrement marquée en allant vers le Sud de la région, et pourrait largement dépasser les 5 °C en été par rapport à la moyenne de référence.

- Cette hausse des températures est associée à une forte augmentation du nombre de jours de vagues de chaleur en été, qui pourrait dépasser les 20 jours pour le scénario RCP8.5.
- La diminution des extrêmes froids se poursuit en fin de siècle.
- Une augmentation des épisodes de sécheresse dans une large partie du Sud

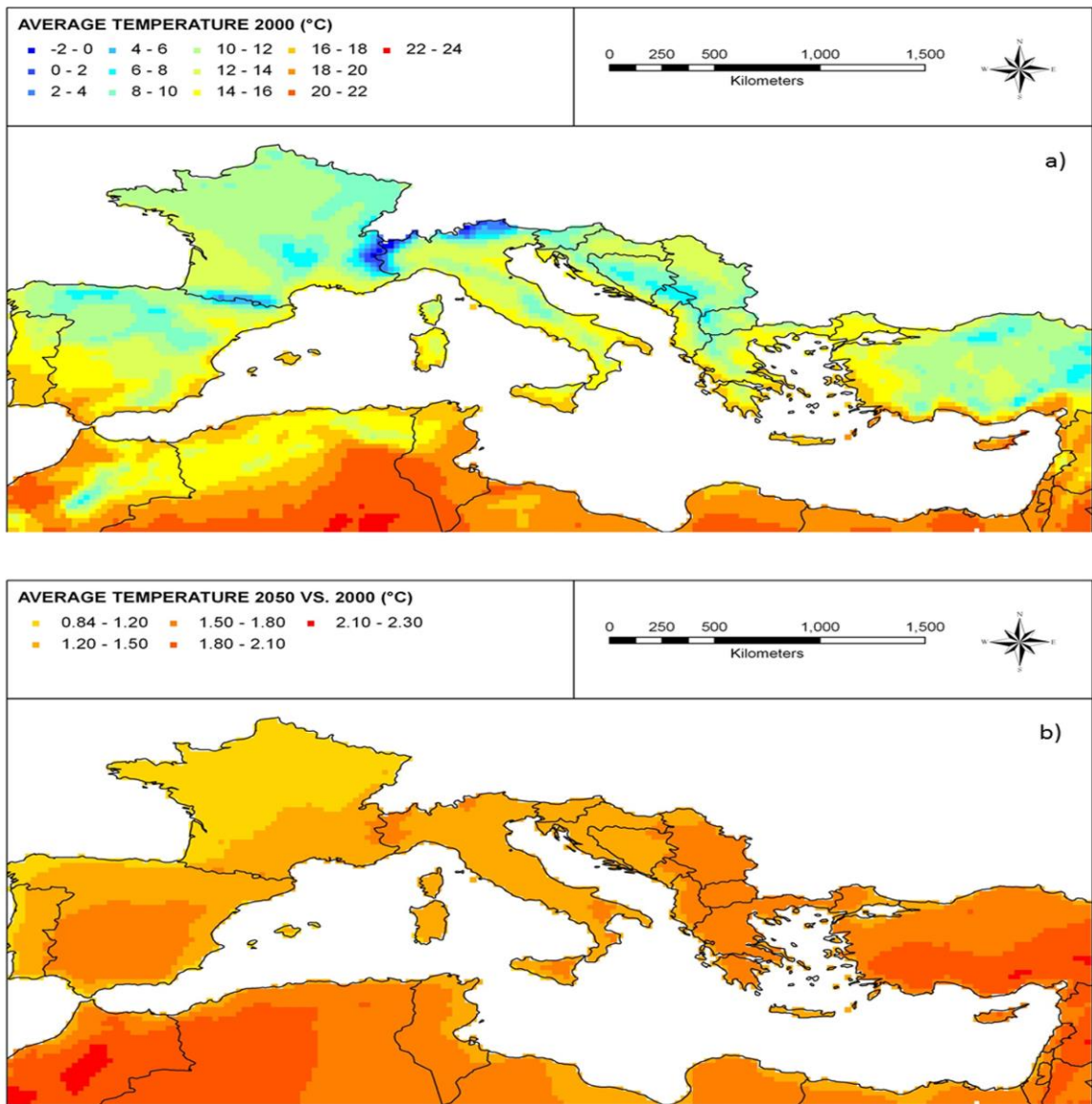


Figure 6 : Structure spatiale de la température annuelle moyenne de l'air près de la surface de la Méditerranée pour 1991–2010 et changement prévu au cours de la période 2000–2050.

Le réchauffement contribuera à la hausse du niveau de la mer sous l'effet de la dilatation thermique, combinée à la fonte des glaces terrestres au niveau mondial. Le dernier rapport du GIEC indiquait ainsi que le niveau des mers et océans s'était élevé de près de 20cm en moyenne au 20ème siècle. Cette tendance devrait se poursuivre et pourrait aller jusqu'à une élévation d'1m par rapport aux niveaux actuels d'ici 2100.

En Méditerranée, les scénarios prévoient généralement une élévation du niveau de la mer allant de 40cm à 1m10 d'ici à la fin de ce siècle **IRD (2016)**., avec des effets secondaires en matière d'ondes de tempêtes et de niveau des vagues. L'absorption accrue de dioxyde de carbone amènera par ailleurs une acidification de l'eau, avec des conséquences notamment sur les écosystèmes marins.

II.5.2. La précipitation

Les projections des changements des précipitations sont plus difficiles à réaliser du fait qu'elles sont déduites d'une plus large gamme de processus atmosphériques et dépendent beaucoup plus des mécanismes du GCM utilisés dans la simulation (**Jarvis et al., 2010**). Cela conduit à d'importantes incertitudes dans les prédictions (**Bates et Kundzewicz, 2008**). La moyenne globale des précipitations est censée augmenter durant le 21ème siècle du fait de l'augmentation des températures, ce qui induit une augmentation du taux d'évapotranspiration et donc du degré d'humidité atmosphérique (**Viner et al., 2006**). Le TAR (**IPCC, 2001**) indique que la réponse de la moyenne globale des précipitations dans le scénario A2 durant les 30 dernières années du 21ème siècle est 3.9% plus élevée en comparaison à la période 1961-1990. Le scénario B2, avec un plus faible forçage anthropogénique, répond avec un plus faible taux d'augmentation des précipitations (3.3%) pour la même période. Vers 2050, ces augmentations concerneront l'hiver dans les moyennes latitudes nord, l'hiver et l'été dans les hautes latitudes nord ; à de faibles latitudes, la variation serait plutôt régionale et peut-être positive ou négative Le FAR (**IPCC, 2007**),

Au niveau de la zone méditerranéenne, les prévisions relatives au scénario A1B de l'IPCC (2007) indiquent une diminution des précipitations moyennes le long de l'année , une diminution des jours de pluie ainsi que des périodes d'enneigement. Les changements attendus des précipitations annuelles et mensuelles entre la fin du 20ème siècle et la fin du 21ème siècle, en Europe et dans le bassin méditerranéen. Tous les modèles indiquent que la diminution des précipitations serait plus importante en été, de l'ordre de 24 % selon le scénario A1B et que les changements de précipitation seraient plus marqués à partir de 2050-2060 (**Nefzi, 2012**). Les régions sud du bassin méditerranéen seront marquées par une

augmentation de l'irrégularité des précipitations ainsi que de la fréquence des événements pluvieux forts (IPCC, 2007).(Chourghal .N 2016).

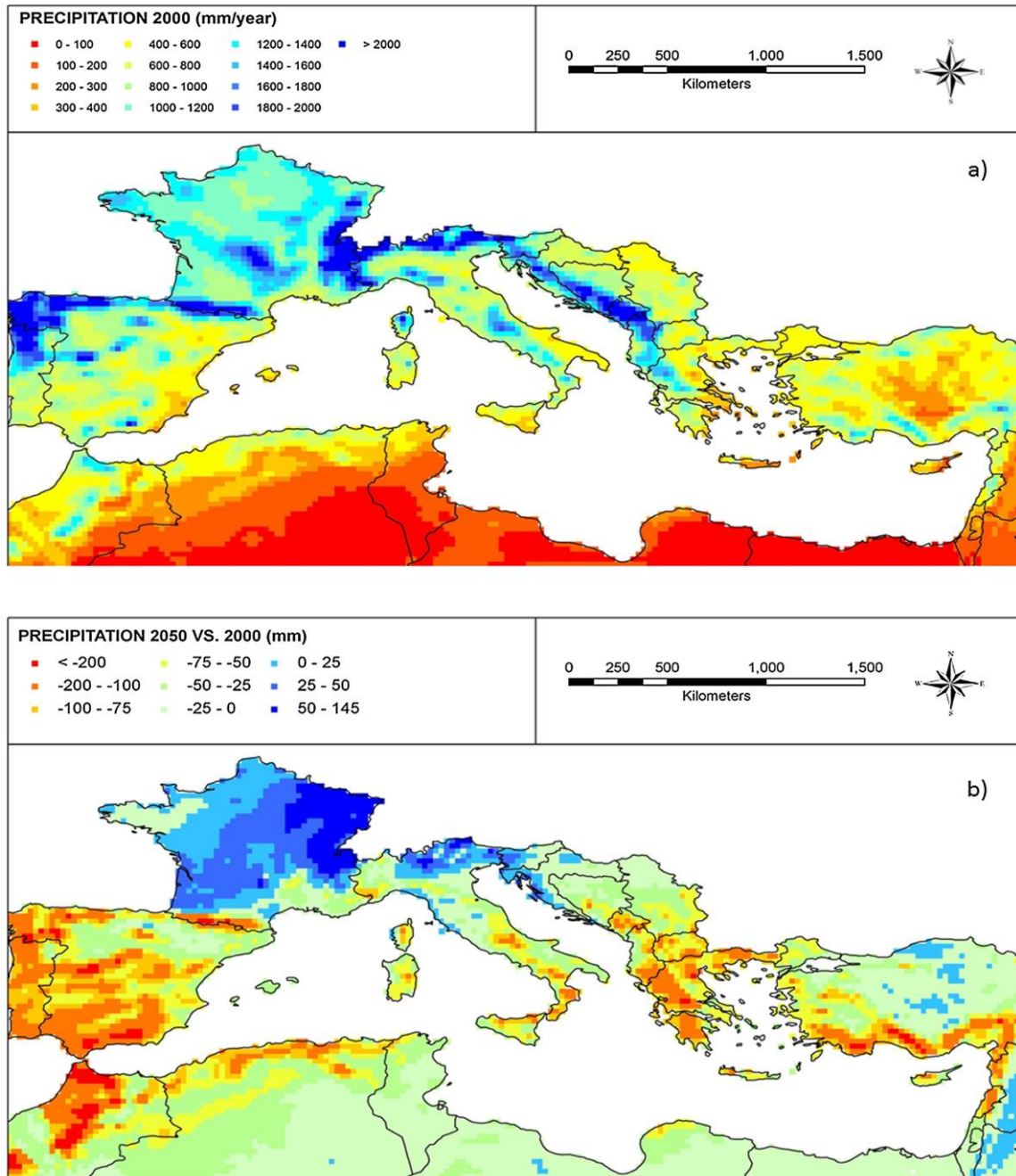


Figure 7 : Structure spatiale des précipitations annuelles moyennes sur la Méditerranée pour 1991–2010 (a) et son évolution prévue sur la période 2000–2050.

II.5.3.Événemet extrême

A l'échelle du globe, la fréquence et l'intensité des événements extrêmes sont en augmentation en raison du changement climatique (**Banholzer, Kossin et Donner, 2014**). Le nombre de jours et de nuits froides a diminué et le nombre de jours et de nuits chaudes a augmenté. Ceci de manière plus fréquente dans une large partie d'Europe, d'Asie et d'Australie (**I.P.C.C., 2014**). A l'avenir, les sécheresses seront également plus intenses (**Trenberth et al., 2014**). Un déplacement des cyclones vers les pôles est en train de se produire (**McDonald, 2011**).

La fréquence des fortes précipitations est prévue à la hausse, et notamment, une augmentation des précipitations extrêmes dans l'hémisphère nord (**Min et al, 2011; Banholzer, Kossin et Donner, 2014**).

À l'avenir, le sud et le centre de l'Europe vont être touchés par des vagues de chaleur et des feux de forêts plus fréquents. L'aire méditerranéenne sera également plus marquée par des sécheresses intenses (**Seneviratne et al., 2018**).

Le climat des Pays Nordiques (Européens) sera significativement plus humide, et subira plus d'inondations hivernales (**Seneviratne et al., 2018**).

L'évolution des précipitations est plus nette. Les hivers seront plus pluvieux et en moyenne seulement une légère baisse des précipitations est prévue en été (**IRM, modèle ALARO**).

Selon le scénario RCP le plus pessimiste, pour les périodes 2026-2069 ou 2070-2100, les faits suivants ont été prédits (**Termonia et al., 2018**) :

- avec un degré de confiance élevé: beaucoup plus de jours tropicaux ($T > 30^{\circ}\text{C}$) et de vagues de chaleur, plus de précipitations extrêmes (**Willems et al., 2017**), et des périodes de pluie plus exceptionnelles.

- avec un degré de confiance modéré: des sécheresses plus extrêmes et exceptionnelles (**Termonia et al., 2018**).

III. Impacts du changement climatique sur les cultures

Le changement climatique va causer des modifications dans les bilans physiques qui interagissent avec les systèmes cultureux (bilans hydriques, bilans radiatifs, ...). Les résultats de modélisations existants montrent qu'une augmentation de la précipitation induit une augmentation du rendement des cultures, et que le rendement est plus sensible à la précipitation qu'à la température (**Kang, Khan et Ma, 2009**).

Cet effet dépend des espèces cultivées. La pomme de terre par exemple, est une culture qui présente une utilisation de l'eau très efficace (**Haverkort et Verhagen, 2008**). Elle ne devrait donc pas subir le manque d'eau éventuel.

III.1. Impact de la croissance des températures sur les cultures méditerranéennes :

Chez les graminées, la croissance foliaire repose sur la vitesse d'apparition des feuilles successives sur les talles (**Gillet, 1979**), ainsi que sur la vitesse d'élongation et de sénescence des feuilles ; et la colonisation du milieu se fait par tallage. Dans les conditions naturelles de la période automne-hiver-début de printemps, **Lemaire (1987)**, a montré que la réponse de l'élongation foliaire à la température était de nature exponentielle. L'accélération de l'élongation foliaire est liée au passage des apex du stade végétatif au stade reproducteur. La date à laquelle cette accélération se produit est fonction de la vernalisation des talles et est variable selon le génotype considéré. Cette accélération de l'élongation foliaire s'accompagne d'une augmentation de la capacité photosynthétique des feuilles. Alors que la réponse de la vitesse d'apparition des feuilles à la température reste inchangée, cette accélération se traduit par une augmentation importante de la taille (et donc de la surface) des feuilles. Conjugée à l'augmentation de la densité des talles, cette augmentation de la surface foliaire contribue à une augmentation rapide de l'indice foliaire, à une plus grande captation de l'énergie solaire et donc à une accélération de la production de matière sèche.

La température moyenne à la surface du globe devrait augmenter de 1.4 °C à 5.8 °C durant la période 1900-2100 (**IPCC, 2001**). L'augmentation de la température aura des effets différents en fonction de son interaction avec d'autres composantes du changement climatique et suivant l'espèce.

Des températures au-delà de celles attendues durant la saison de croissance auront de sévères conséquences sur la culture, et peuvent avoir des impacts dramatiques sur la

production finale lorsqu'elles surviennent durant les stades clés du développement, même si le reste des conditions de croissance est bon (**Moriondo et al., 2011**). En effet les températures élevées peuvent perturber les capacités photosynthétiques de la plante. Si l'optimum thermique de la plante est dépassé, la fertilité des épis de certaines cultures décroît fortement (**Seguin et Stengel, 2002; Seguin et al., 2004a**).

Les études indiquent que l'intensité des réponses des phases phénologiques des cultures aux changements climatiques est variable dans l'espace et dans le temps (**Menzel et al., 2001; Wang et al., 2008**). Elles montrent que généralement l'augmentation des températures induira un raccourcissement du cycle de culture des différents cultivars (**Sayre et al., 1997**). La conséquence de ce raccourcissement sur l'accumulation de biomasse et sur le rendement en grain ne sera négative qu'à partir d'un réchauffement de 2 °C (**Tubiello et al., 2000; Ferrise et al., 2011; Ventrella et al., 2012 In Chourghal, 2016**).

III .2. Impact de la diminution des précipitations et des sécheresses sur les cultures méditerranéennes

a/ Effets directs

L'agriculture dépend évidemment des ressources en eau disponibles (pluies, réserves du sol et irrigation), puisque la production végétale est fortement dépendante de la quantité d'eau évapotranspirée par les cultures.

La croissance et le développement de la plante au sein du peuplement cultivé sont directement affectés par la sécheresse édaphique. Des arrières effets peuvent également pénaliser la culture suivante (non reconstitution de la réserve en eau). Ces effets sont plus marqués dès lors qu'il s'agit d'espèces pérennes : effets sur la fructification des ligneux l'année suivant la sécheresse (vignes et vergers), évolution de la composition floristique des prairies (**Amigues et al., 2006**)

2.1.En grande culture:

Les effets le plus souvent observés au champ sont :

- Une levée retardée, incomplète, irrégulière, qui crée un peuplement défectueux et hétérogène jusqu'à la récolte,

- Une implantation racinaire médiocre et superficielle : couverture du sol retardée, carences précoces, sensibilité à la sécheresse de fin de cycle...
- Une mauvaise utilisation des engrais azotés, due à des défauts de mise en solution des engrais puis de prélèvement par la plante,
- Une réduction du développement foliaire puis du nombre de grains due aux régulations internes de la plante.
- Une sénescence accélérée et un défaut de remplissage du grain. (**Amigues et al., 2006**)

2.2. En cultures pérennes:

Fruitières (vigne, vergers), la période de sécheresse affecte :

- Au printemps : la mise en place des organes végétatifs et l'élaboration du nombre de fruits.
- En été : la croissance des fruits (accumulation de matière sèche et d'eau) et l'élaboration de leur qualité, ainsi que l'induction florale qui détermine la fructification de l'année suivante.
- A l'automne (après récolte) : l'activité de l'appareil végétatif et donc la reconstitution des réserves carbonées et azotées utiles au démarrage du cycle végétatif suivant. (**Amigues et al., 2006**)

b/ Effets indirects:

Les années sèches sont en général défavorables aux maladies cryptogamiques, tant pour l'infection initiale que pour la progression au sein du peuplement ; des alternances de petites pluies et de périodes sèches peuvent cependant favoriser certains pathogènes (oïdium des céréales, mildiou de la vigne).

Les impacts sont variables sur les ravageurs, qui sont surtout sensibles aux régimes thermiques qui accompagnent la sécheresse. Des températures élevées accélèrent les cycles de développement de nombreux insectes ravageurs des cultures (cycles supplémentaires,

nouveaux ravageurs "tropicaux"). Les conditions sèches peuvent être défavorables, en compromettant la survie des œufs et des jeunes larves.

L'impact des adventices sur les cultures serait plus marqué en raison de la forte compétition pour l'eau, notamment en culture d'été. Une sécheresse précoce peut réduire la levée des adventices, mais aussi la capacité du peuplement cultivé à les concurrencer, ou l'efficacité de certains herbicides de prélevée (faible migration en profondeur) (**Amigues et al., 2006**)

En dehors de la réduction des maladies du feuillage, les effets apparaissent variables et incertains, sur les maladies telluriques, les ravageurs ou les adventices. Les plantes affaiblies par la sécheresse pourraient aussi être plus sensibles aux attaques de pathogènes ou de certains insectes.

c/ Effets sur la composition des graines et fruits

La complexité des mécanismes en jeu ne permet pas de dégager une règle générale simple, du type "la sécheresse améliore la qualité des produits". Une sécheresse après la fécondation réduit la taille des organes et, si elle se poursuit pendant la phase de remplissage, affecte leur composition. Les différents métabolismes étant inégalement affectés par le déficit hydrique (le métabolisme carboné l'est davantage que le métabolisme azoté), les concentrations relatives des différents composés sont modifiées : un manque d'eau induit généralement une baisse des teneurs en amidon et en huile des graines, et une augmentation des teneurs en protéines. Pour les fruits, une légère sécheresse est souvent favorable à la qualité car elle augmente la concentration en acides organiques (**Amigues et al., 2006**).

III. 3. Impact de la croissance du taux de CO₂ dans l'atmosphère sur les cultures méditerranéennes :

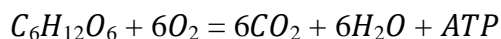
Le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (**G.I.E.C**) décrit clairement que le climat futur dépend fortement des émissions anthropogéniques de gaz à effet de serre. Ces dernières dépendent à la fois du développement socio-économique (taille de la population, activité économique, niveau de

vie, utilisation de l'énergie, utilisation des terres, technologies) et des politiques climatiques (I.P.C.C., 2014).

Les plantes consomment le CO₂ en se développant grâce à la photosynthèse. Cependant, la plus importante source biosphérique de dioxyde de carbone est l'ensemble des cultures (Smith, Anderson et Moore, 2012). Cette source de dioxyde de carbone est le résultat de la respiration des plantes et de la décomposition de la matière organique (Aubinet et al., 2009). La respiration est le total de la respiration hétérotrophe et de la respiration autotrophe. La part hétérotrophe (Rh) est celle des microbes et de la faune du sol, ceux-ci décomposant la matière organique. Tandis que la part autotrophe (Ra) est celle de la partie aérienne des plantes (Raa) et de leurs racines (Rar) (Moureaux et al., 2008)

La respiration est le processus d'oxydo-réduction du glucose qui est réalisé par la photosynthèse. Elle sert à produire l'énergie pour les cellules. Cette énergie est sous forme de molécule(ATP) (d'Adénosine Triphosphate) (Delogu, 2011))

L'équation de la respiration est la suivante :



L'augmentation de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère va provoquer une augmentation de la biomasse différente selon le type de plante. Il existe les types de plantes dites « en C3 » ou en « en C4 » selon le nombre d'atomes de carbone de la molécule permettant de fixer le carbone. Par exemple, si la concentration atmosphérique double, les plantes en C3 comme le blé, vont assimiler deux fois plus de carbone que celles en C4 comme le maïs (Seguin, 2010).

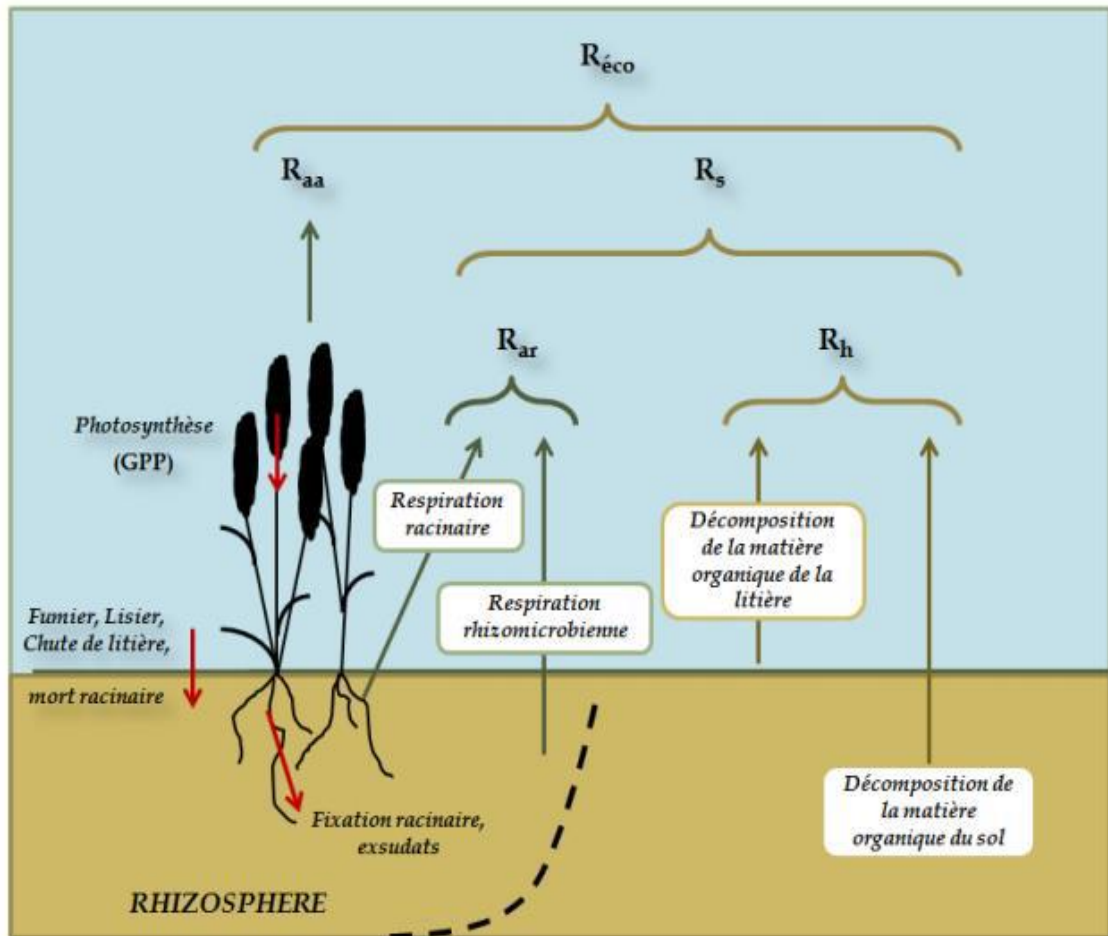


Figure 8: Schéma présentant les différents termes de la respiration de l'écosystème culturel (Source : Delogu, 2011).

IV. Stratégies d'adaptation des cultures face au changement climatique

Les agriculteurs méditerranéens ont réagi et se sont adaptés aux changements de leur environnement au cours de l'histoire (Iglesias et al., 2011b; Varela-Ortega et al., 2016). Néanmoins, le conflux des défis actuels nécessite des actions non seulement pour répondre aux problèmes existants mais aussi pour adapter des stratégies plus proactives (Biagini et al., 2014) afin de répondre de manière durable à la demande alimentaire future.

L'adaptation au changement climatique est ainsi devenue un élément central de la recherche sur le climat (Greutmann et Patt 2005), comme en témoigne également une augmentation considérable de la littérature sur l'adaptation au cours des dernières années (Berrang-Ford et al., 2015).

La recherche sur l'adaptation s'est transformée en une vision globale qui comprend désormais les aspects socio-économiques et environnementaux (**Varela-Ortega et al., 2016**). Différentes stratégies d'adaptation ont été signalées en Méditerranée. Les exemples incluent le passage à des systèmes d'irrigation plus efficaces en réponse à la pénurie d'eau (**Sese-Minguez et al., 2017**) en cultivant des cultures de couverture pour contrôler l'érosion des sols (**De Graaff et al., 2010**) ou en changeant de type de culture (**Schilling et al., 2012**).

Les stratégies d'adaptation utilisées habituellement par les céréaliculteurs dans le bassin méditerranéen, et testées continuellement dans un environnement de changement climatique, sont la précocité du semis et l'utilisation de variétés précoces (**Chourghal, 2020**). L'adaptation de ces deux techniques change, cependant, en fonction de la région (**Kapetanaki and Rosenzweig, 1997**).

IV.1. Date de semi :

Date et densité de semis sont deux éléments indissociables et essentiels pour assurer une bonne implantation du blé. Le tallage, et donc le rendement, seront favorisés si la levée s'effectue dans de bonnes conditions (**Philippe Gate, et al 2007**)

Le blé est soumis à des conditions très variées de stress et d'intensité. En terme de production, les principaux évènements susceptibles de provoquer des pénalités de rendement sont la sécheresse, qui limite l'élaboration du nombre de grains jusqu'à la floraison, et les fortes températures, qui peuvent perturber le remplissage des grains. Or, le scénario de réchauffement climatique est susceptible d'augmenter les risques de sécheresse et d'échaudage (**Philippe Gate, et al 2007**)

Le semis précoce permet d'échapper aux périodes de stress hydrique et thermique survenant vers la fin du cycle de culture (**Rosenzweig and Tubiello, 1997**). **Iglesias et Minguez (1996)** calculent que le semis précoce pourrait réduire l'effet du changement climatique sur le maïs dans le nord de l'Espagne, mais pas dans la zone sud. L'étude menée par **Lhomme et al. (2009)** en Tunisie, montre que le semis précoce pourrait minimiser les effets négatifs du changement climatiques futur sur le rendement en grain du blé dur. L'utilisation de variétés précoces permet d'optimiser les besoins en eau d'irrigation durant la saison de culture (**Rosenzweig et Tubiello, 1997**). Elle permet un meilleur remplissage du grain dans les régions nord de la Grèce (**Kapetanaki et**

Rosenzweig, 1997). Les travaux d'**El-Shaer et al. (1996)** montrent que l'adaptation de ces deux stratégies permettrait de faire face aux effets négatifs du changement climatique en Egypte. (**Chourghal .N 2014**)

Le simple fait d'anticiper la date de semis – d'adopter une stratégie d'évitement – permet d'éviter les fortes chaleurs et le manque d'eau au moment du remplissage des grains. Selon les régions et les types de sol, il implique cependant d'autres risques : gel de l'épi, développement des maladies, qualité des grains. Autant d'éléments qui imposent de réfléchir au cas par cas sur la stratégie à adopter et de peser les risques encourus. (**Philippe Gate, et al 2007**)

En Algérie, le semis précoce, offre de meilleures opportunités, 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 (**Chourghal et al., 2015 ; 2020**).

IV.2. Les variétés précoces :

Tout dépend de la variété et de la région. En effet, le risque de sécheresse s'accroît en fonction de la tardiveté des stades. Plus une variété est tardive, plus elle rencontrera des déficits en eau. De plus, si une anticipation des semis peut permettre d'éviter sécheresse et échaudage, elle peut aussi se traduire dans certaines régions par une augmentation trop forte des risques de gel d'épis (**Gate, et al., 2007**)

L'évolution de la phénologie des cultures est considérée comme un bio-indicateur important du changement climatique, la récente tendance au réchauffement entraînant un progrès dans la phénologie des cultures. On sait peu de choses sur la contribution des changements de dates de semis et de cultivars aux tendances à long terme de la phénologie des cultures, en particulier pour les cultures d'hiver comme le blé d'hiver. (**Rezaei et al., 2018**)

La tendance au réchauffement observée au cours des dernières décennies dans de nombreuses régions a provoqué des changements considérables dans la phénologie végétale. Par exemple, 78% de tous les enregistrements phénologiques des plantes analysés pour 21 pays européens ont montré une avancée significative dans la survenue d'événements phénologiques pour la période 1971-2000. Bien que les changements dans la phénologie de la végétation naturelle et des forêts correspondent bien au modèle de réchauffement, les changements dans la phénologie observés pour les cultures annuelles ont été plus divers, car les effets du changement climatique sur la phénologie des cultures ont interagi avec les effets des changements dans la gestion des cultures, comme des dates de semis modifiées et des cultivars changeants. **(Ehsan Eyshi Rezaei, al 2018)**

Le développement plus rapide de nouveaux cultivars pendant la phase végétative pourrait également réduire le stress dû à la chaleur et à la sécheresse pendant la période de floraison en décalant la date de floraison vers la partie la plus fraîche de la saison de croissance **(Rezaei et al., 2015)**. Cependant, les sélectionneurs de plantes sont également confrontés à d'autres défis tels que d'éviter les dommages aux cultures dus aux gelées à la fin du printemps lors de l'introduction de cultivars à floraison précoce, en particulier pour les conditions d'Europe occidentale. Les épisodes de gel qui surviennent après la phase de reproduction peuvent entraîner une baisse importante du rendement ou même une mauvaise récolte. Par conséquent, la variabilité climatique actuelle qui se produit dans les principales régions productrices de blé d'hiver doit être prise en compte dans les efforts de sélection.

La modification de la phénologie des cultures par le changement de cultivar devrait se refléter dans les évaluations de la phénologie future des cultures et de la productivité des cultures. Bien que les effets des futures stratégies de sélection sur la phénologie des cultures soient difficiles à prévoir, l'introduction d'une gamme de PVTT différents, par exemple par modélisation probabiliste, pourrait être une solution possible. **(Rezaei et al., 2018)**.

IV.3. Irrigation :

La région méditerranéenne, une région dynamique, fortement dépendante de l'agriculture irriguée. Les stratégies dans les catégories gestion de l'eau et pratiques de production agricole sont le plus souvent mises en œuvre par les agriculteurs de la région. Le principal moteur de la région est la pénurie d'eau et les adaptations ont souvent affecté

l'utilisation et les ressources en eau en plus des pratiques agricoles (**Harmanny et Malek, 2019**)

Actuellement, près d'un tiers des terres cultivées sont irriguées (**FAO 2016**) avec des différences d'intensité (**Siebert et al., 2005, 2013**), d'efficacité et de ressources en eau utilisée (**Fader et al., 2016**).

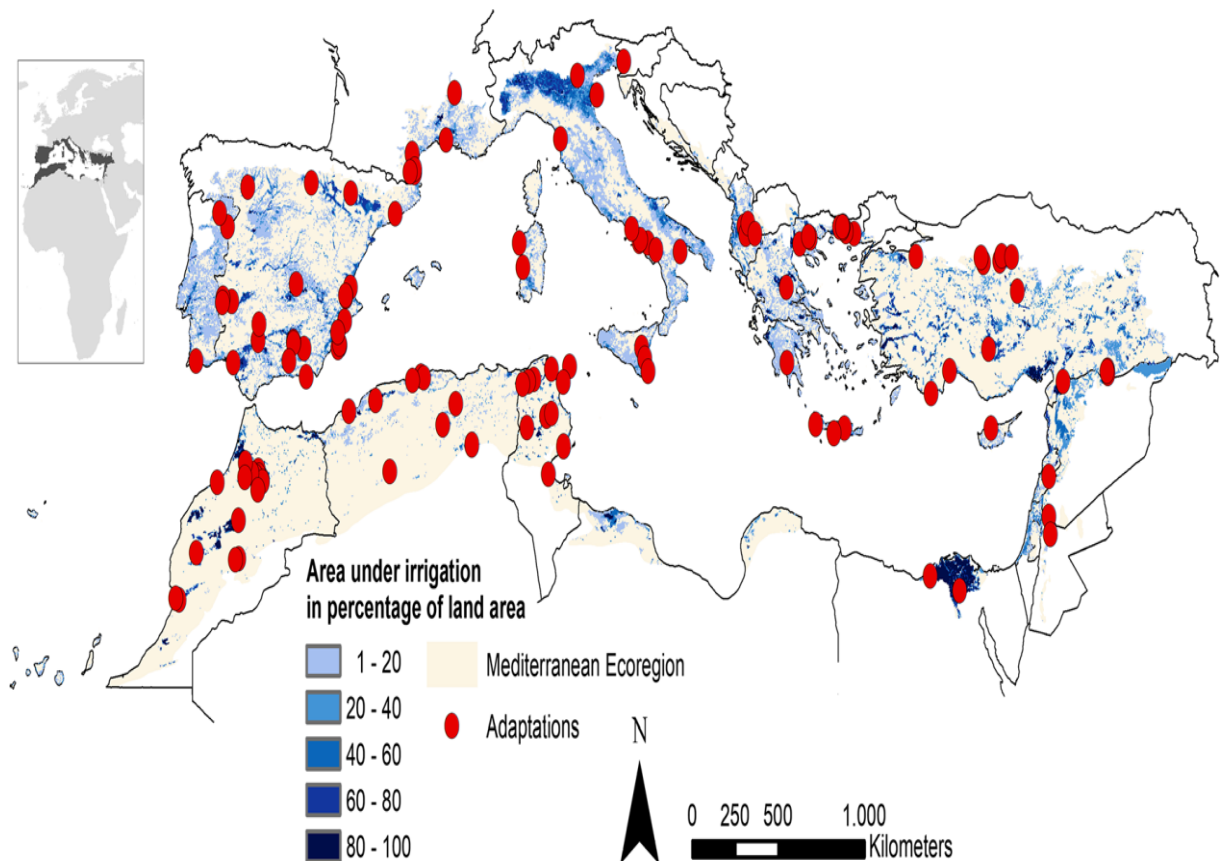


Figure 9 : Zone d'étude: les parties de l'écorégion méditerranéenne sous irrigation variant d'un pourcentage faible à élevé (**Olson et al.2001; Siebert et al.2005, 2013**), en outre représentées sont les 124 cas où des adaptations ont été signalées.

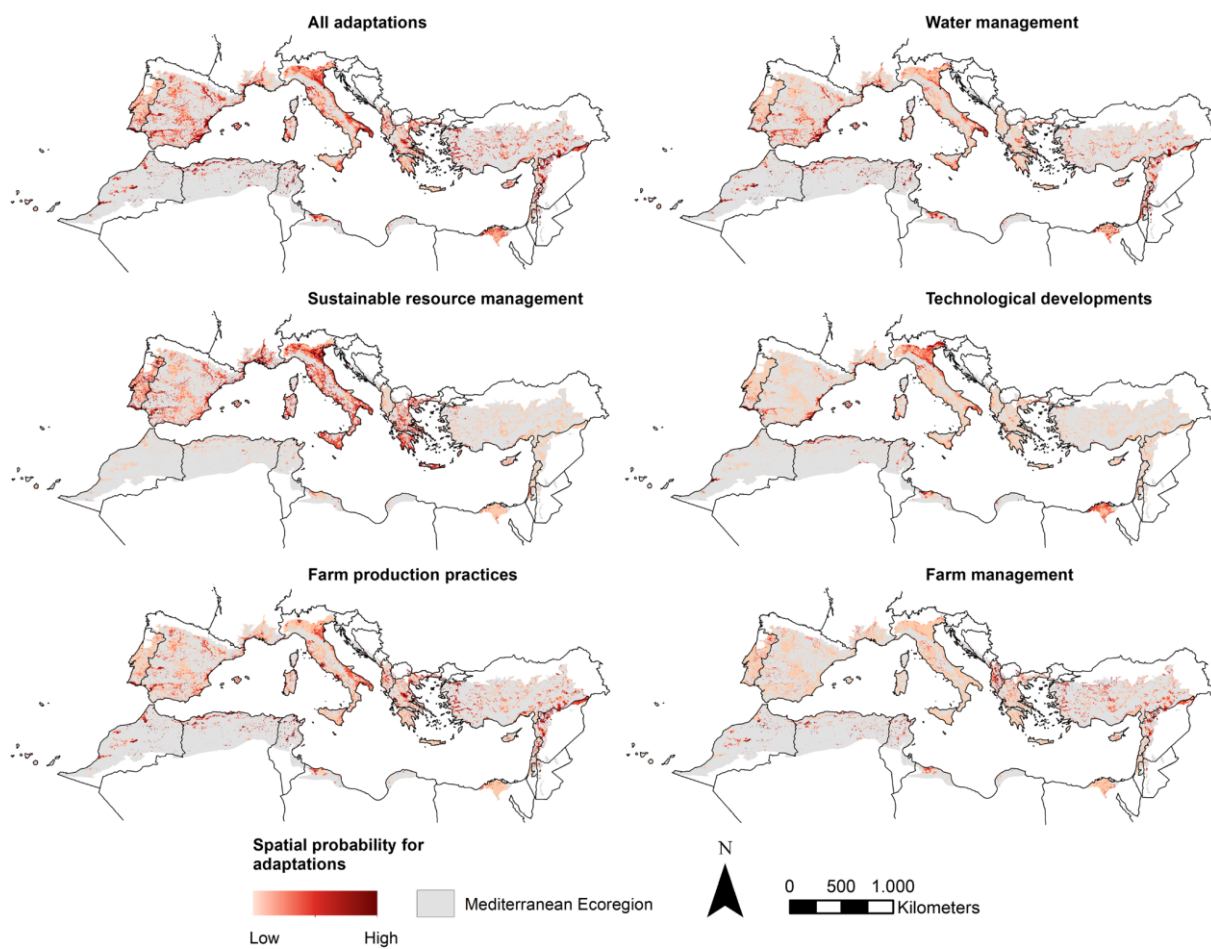


Figure 10: Cartes de contexte spatial, illustrant la variabilité spatiale et la probabilité d'adaptations en général et les cinq catégories distinctes.

IV.4. La fertilisation :

La fertilisation minimise l'augmentation du stress azoté engendré par l'augmentation de la production potentielle, donc autorise une production plus élevée, l'eau séjourne plus longtemps dans le sol ce qui a deux effets. Le premier est que le sol est moins vite drainé, ce qui laisse plus d'eau disponible pour la culture ; les niveaux de stress hydrique sont un peu plus faibles et la production est augmentée. Le second est que le sol est aussi plus souvent engorgé, donc en état d'anoxie, ce qui pourrait expliquer une partie des réductions de rendement observées sur ray-grass, puisqu'il est sensible à l'anoxie. (Ruget et al., 2013)

L'azote minéral est originaire des fertilisants, de l'eau d'irrigation et de la pluie (environ 0,02 kg N / ha/ mm). Les fertilisants perdent de l'azote par la volatilisation et l'immobilisation selon leur type. La distribution de ceux-ci dans le profil de sol est également dépendante du type de labour. Le taux de volatilisation est calculé en fonction de l'équilibre forme ionique/forme moléculaire atteint par le sol, qui lui-même dépend de la composition

minéralogique, de la teneur en matière organique, du pH et de la température du sol (**Brisson et al., 2003**).

Les techniques de fertilisation préconisées visent à alimenter au mieux la plante avec un souci affirmé de respect de l'environnement. Sur cette base, qui définit, par situation une dose totale d'engrais maximale à ne pas dépasser, il convient de connaître le mode d'absorption dans le temps le plus profitable à la culture. L'objectif est d'optimiser le couple rendement et teneur en protéines tout en respectant l'environnement (**Philippe Gate et al., 2007**)

Les études sur les stratégies d'adaptation du blé dur face aux changements climatiques au sud de l'Italie montre que l'application de l'irrigation, de la fertilisation et la combinaison des deux ont un effet important non seulement sur l'augmentation de la biomasse et du rendement en grain, mais aussi sur la diminution de la variabilité interannuelle du rendement (entre -10 % et -40 %) (**Ventrella et al., 2011**).

Cependant, le débat est important concernant l'effet fertilisant dû à l'augmentation du taux de CO₂ dans l'air, ainsi que sur ses capacités à pouvoir atténuer les effets négatifs sur les rendements projetés dans le futur (**Chourghal, 2015**).

V. Conclusion générale

Le changement climatique se caractérise principalement par une hausse des températures et une modification du régime des précipitations. Les impacts de ces changements sur les rendements des cultures seront probablement négatifs. Bien que des augmentations modérées de la température puissent entraîner des augmentations modérées de la productivité, au-dessus de 1 ° C de réchauffement, la littérature tend à convenir que les effets seront négatifs.

Ces impacts sont non seulement variables selon les régions mais aussi les cultures, selon différents rapports publiés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) indiquant que le bassin méditerranéen, en particulier l'Afrique du Nord, fait partie des régions les plus vulnérables au changement climatique. Les résultats obtenus par les modèles climatiques mondiaux et régionaux montrent que le changement climatique sera distribué différemment à travers le monde. C'est bénéfique dans certains domaines, mais défavorable dans d'autres.

C'est le cas des régions du sud de la Méditerranée et de l'Afrique du Nord où l'irrigation a toujours été un facteur limitant pour les cultures, des études montrent que le changement climatique se manifestera par un raccourcissement du cycle de culture du blé dur conduisant à une diminution de l'accumulation de matière sèche totale et donc du rendement en céréales. Cependant, ces effets négatifs peuvent être atténués par un bon choix de méthodes techniques telles que la sélection précoce des variétés et la pratique de l'irrigation.

La modélisation des cultures est un outil majeur pour fournir des informations dans ce domaine. En combinaison avec des modèles de circulation générale et des mécanismes de coordination régionale, il fournit des informations sur le développement des cultures dans des conditions climatiques spécifiques, réelles ou simulées. C'est un moyen de comprendre la vulnérabilité et l'adaptabilité des différentes fonctions végétales au climat, et c'est une solution irremplaçable à la gestion des cultures dans le contexte du futur changement climatique

VI. Références bibliographiques :

- Ana Iglesias, Raoudha Mougou, Marta Moneo**, towards adaptation of agricultura to climate change in the Mediterranean 2011.
- ArcMap® (version v.10.2.2). (Impacts du changement climatique sur les forêts du site Natura 2000 de "Petite Montagne du Jura" : prévisions et conseils de gestion - Janvier 2019 ; ARZEL Anaïs, CHAMPION Estelle, MANGERET Florence, POSSICH Amélie)
- Aubinet, M. et al. (2009)** *CO2 fluxes exchanged by a 4-years crop rotation cycle*, Geophysical Research Abstracts
- Banholzer, S., Kossin, J. et Donner, S. (2014)** « The impact of climate change on natural disasters », in *Reducing Disaster: Early Warning Systems for Climate Change*. doi: 10.1007/978-94-017-8598-3_2.
- BioDivMeX,
- Bosello et Eboli, 2013**
- Brisson, N. et al. (2003)** *An overview of the crop model STICS*. Disponible sur:
Changement climatique, les notes du Plan Bleu, 27 mai 2015 Ressources et milieux naturels, http://planbleu.org/sites/default/files/publications/notes27_cc_fr_web.pdf Chiffres cités dans PNUE/PAM, 2016, Stratégie méditerranéenne pour le développement durable 2016-2025, mai 2016, p. 52
- Choquet, Pauline**, Simulation de la croissance et des émissions de gaz à effet de serre d'une rotation culturale classique en Hesbaye ; Évaluation du modèle STICS et analyse de l'impact du changement climatique 2019.
- Chourghal .N.** thèse de doctorat 2016.
- Chourghal N, F. Huard, Observed** and future changes in precipitations and air temperatures in the central region of Algeria 2017.
- Chourghal, Frédéric Huard**, Stratégies d'adaptations de la culture du blé dur face aux changements climatiques futurs en Algérie: 1- Gestion des semis 2020.
- Chourghal, Frederic huard, Hasina boukhalfa, Mohamed belhamra**, le climat récent observé et les changements climatiques futurs dans la région de bordj Bou Arreridj the récent climate and future climatic changes in bordj Bou Arreridj région 2018
- Chourghal, Jean Paul Lhomme**, Frédéric Huard, Abdellah Aidaoui, Climate change in Algeria and its impact on durum wheat 2015.

- Clements R, Hagggar J, Quezada A & Torres J (2011)** Technologies for climate change adaptation—agriculture sector. (X. Zhu, Ed.). UNEP Risø Centre, Roskilde, 2011
- Chourghal N, Hartani T (2020)** [Quelle stratégie de semis du blé dur en Algérie pour s'adapter au changement climatique?](#) [Cah. Agric., 29 \(22\)](#) : 2-9.
- Climate chance & comité 21 (2019).** « **Cahier adaptation** » - bilan 2019 des actions d'adaptation. Observatoire mondial de l'action climat non-étatique
- Collet L, Ruelland D, Estupina VB, Dezetter A, Servat E (2015)** Water supply sustainability and adaptation strategies under anthropogenic and climatic changes of a meso-scale Mediterranean catchment. *Sci Total Environ* 536:589–602.
- Crédit carte** : Ministère des Affaires Etrangères et du Développement International, 2014, disponible sur
- Daoudi A, Terranti S, Hammouda RF, Bedrani S (2013)** Adaptation à la sécheresse en steppe algérienne : le cas des stratégies productives des agropasteurs de Hadj Mechri. *Cahiers Agricultures* 4:303–310.
- Delogu, E. (2011)** *Modélisation de la respiration du sol dans les agro-écosystèmes. Sciences de la Terre. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 2013. Français. fftel-00953712f.* Disponible sur:
- Department of Crop Sciences**, University of Göttingen, Von-Siebold-Strasse 8, 37075, Göttingen, Germany. Correspondence and requests for materials should be addressed to E.E.R. (email: ehsan.eyshi-rezaei@unigoettingen.de)
- Domenico Ventrella • Monia Charfeddine • Marco Moriondo • Michele Rinaldi • Marco Bindi**
Agronomic adaptation strategies under climate change for winter durum wheat and tomato in southern Italy: irrigation and nitrogen fertilization 2011.
- Eagle, N., Macy, M. et Claxton, R. (2010)** « Network diversity and economic development », *Science*, 328(5981), p. 1029-1031. doi: 10.1126/science.1186605
- Ehsan Eyshi Rezaei, Stefan Siebert, Hubert Hüging1 & Frank Ewert**, Climate change effect on wheat phenology depends on cultivar change 2018.
- Eyshi Rezaei, E., Siebert, S. & Ewert, F.** Intensity of heat stress in winter wheat phenology compensates for the adverse effect of global warming. *Environ. Res. Lett.* 10, 24012 (2015)..
- F. Ruget1, J.-L. Durand2, D. Ripoche3, A.-I. Graux4, F. Bernard2, B. Lacroix5, J.-C. Moreau**, Impacts des changements climatiques sur les productions de fourrages (prairies, luzerne, maïs) : variabilité selon les régions et les saisons
- Fader M, Shi S, von Bloh W, Bondeau A, Cramer W (2016)** Mediterranean irrigation under climate change: more efficient irrigation needed to compensate for increases in irrigation water requirements. *Hydro Earth Syst Sci* 20(2):953–973.
- FAO, 2010, 2016**

- Farina, R. et al. (2011)** « Soil carbon dynamics and crop productivity as influenced by climate change in a rainfed cereal system under contrasting tillage using EPIC », *Soil and Tillage Research*, 112(1), p. 36-46. doi: 10.1016/j.still.2010.11.002.
- Farina, R. et al. (2018)** « Do Crop Rotations Improve the Adaptation of Agricultural Systems to Climate Change? A Modeling Approach to Predict the Effect of Durum Wheat-Based Rotations on Soil Organic Carbon and Nitrogen. World soil Resources Report No. 106. », in *Soil Management and Climate Change: Effects on Organic Carbon, Nitrogen Dynamics, and Greenhouse Gas Emissions*. Elsevier Inc., p. 221-236. doi: 10.1016/B978-0-12-812128-3.00015-X.
- G. Ouzeau, M. Déqué, M. Jouini, S. Planton, R. Vautard** Sous la direction de Jean Jouzel Le climat de la France au XXI^e siècle Volume 4 Scénarios régionalisés : édition 2014 pour la métropole et les régions d'outre-mer
- GIEC, 2013**, 9 cité dans PNUE/PAM, 2016, Stratégie méditerranéenne pour le développement durable 2016-2025, mai 2016, p. 52 .
- GIEC, 2013**, 6, Rapport 1 les données scientifiques
- Gray, S. B. et Brady, S. M. (2016)** « Plant development al responses to climate change », *U*!!Developmental Biology*. Academic Press Inc., p. 64-77. Doi: 10.1016/j.ydbio.2016.07.023.
- Hagemann, M. et Bauwe, H. (2016)** « Photorespiration », in *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*. Elsevier Inc., p. 86-89. Doi: 10.1016/B978-0-12-394807-6.00094-0.
- Hashimoto, S. et al. (2015)** « Global spatiotemporal distribution of soil respiration modele dusing a global database », *Biogeosciences*. Copernicus GmbH, 12(13), p. 4121-4132. doi: 10.5194/bg-12-4121-2015
- Hendrik Davi, (2015)** Impact des changements climatiques sur les écosystèmes forestiers de la région méditerranéenne.
- I.P.C.C. (2014)** Summary for Policymakers, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.)]. Geneva, Switzerland. doi: 10.1017/CBO9781107415324.
- I.P.C.C. (2018)** GLOBAL WARMING OF 1.5°C an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C abovepre-industriallevels and related global greenhouse gas emission path ways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change. William Solecki. Disponible sur: https://www.climat.be/files/4115/3900/0027/181008_IPCC_sr15_spm.pdf (Consulté le: 15 mai 2019).
- I.P.C.C. et al. (2007)** Summary for Policymakers. AR4. Working groups III to the forth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- ICOS** (sans date) ICOS BELGIUM. Disponible (Consulté le: 20 septembre 2003).

- Imache A, Bouarfa S, Kuper M, Hartani T, Dionnet M (2009)** Integrating Binvisible^ farmers in a regional debate on water productivity: the case of informal water and land markets in the Algerian Mitidja plain. *Irrig Drain* 58(S3):S264–S272
- Institute of Crop Science and Resource Conservation**, University of Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115, Bonn, Germany.
- IRM (2019)** *IRM - Le climat à l'horizon 2100*. Disponible a-lhorizon-2100 (Consulté le: 21 mai 2019). Jean-Pierre Amigues et al., INRA 2006
- Kang, Y., Khan, S. et Ma, X. (2009)** « Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security - A review », *Progress in Natural Science*. Science Press, p. 1665-1674. doi:10.1016/j.pnsc.2009.08.001.
- Keesstra S, Nunes J, Novara A, Finger D, Avelar D, Kalantari Z, Cerdà A (2018)** The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing écosystème services. *Sci Total Environ* 610– 611:997–1009
- Kina Stientje Harmanny, Žiga Malek 2019** ; Adaptations in irrigated agriculture in the Mediterranean region: an overview and spatial analysis of implemented strategies
- Kutsch, W. L., Bahn, M. et Heinemeyer, A. (2010)** *Soil carbon dynamics: An integrated methodology*, *Soil Carbon Dynamics: An Integrated Methodology*. doi: 10.1017/CBO9780511711794
- Lazar Tanasijevic, Mladen Todorovic, Luis S. Pereirab, Claudia Pizzigalli, Piero Lionello**, Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region 2014.
- Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research**, Institute of Landscape Systems Analysis,, D-15374, Müncheberg, Germany.
- Luis S. Pereirab, Claudia Pizzigalli, Piero Lionello**, Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region Lazar Tanasijevic, Mladen Todorovica, 2014.
- Lüthi , D. et al. (2008)** « High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000-800,000 years be for present », *Nature*. Doi: 10.1038/nature06949.
- McDonald, R. E. (2011)** « Understanding the impact of climate change on Northern Hemisphere extratropical cyclones », *Climate Dynamics*, 37(7-8), p. 1399-1425. Doi: 10.1007/s00382-010-0916-x.
- Min, S. K. et al. (2011)** « Human contribution to more-intense precipitation extremes », *Nature*. Nature Publishing Group, 470(7334), p. 378-381. Doi: 10.1038/nature09763.
- Mohammad Javad Khordadi, Jørgen Eivind Olesen, Amin Alizadeh, Mehdi Nassiri Mahallati, Hossein Ansari, Hossein Sanaeinejad** CLIMATE CHANGE IMPACTS AND ADAPTATION FOR CROP

MANAGEMENT OF WINTER WHEAT AND MAIZE IN THE SEMI-ARID REGION OF IRAN
2019.

Moureaux, C. et al. (2006) *Carbon balance of à Belgian crop, Geophysical Research Abstracts.*

Moureaux, C. et al. (2008) « Carbon balance assessment of a Belgian winter wheat crop (*Triticum aestivum* L.) », *Global Change Biology*, 14(6), p. 1353-1366. Doi: 10.1111/j.1365-2486.2008.01560.x.

Moureaux, C. et al. (2011) *Carbon balance of crops: overview of 7 years of investigation, Geophysical Research Abstracts.*

Moureaux, C., Bodson, B. et Aubinet, M. (2008) *Mesure des flux de CO2 et bilan carboné de grandes*

Olson DM, Dinerstein E, Wikramanayake ED, Burgess ND, Powell GVN, Underwood EC, Kassem KR (2001) Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth: a new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. *Bio Science* 51(11):933–938.

OMM, 2011

Parry, M. L. et al. (2004) « Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios », *Global Environmental Change*. Elsevier Ltd, 14(1), p.53-67. Doi: 10.1016/j.gloenvcha.2003.10.008

Péridy et al (2012), « Le coût économique du changement climatique dans les pays MENA : une évaluation quantitative micro-spatiale et une revue des politiques d'adaptation », étude FEMISE FEM34-03, Juin.

Philippe Gate, David Gouache, Cécile Garcia, PERSPECTIVES AGRICOLES • N° 337 • SEPTEMBRE 2007 Revoir dates et densité pour éviter la sécheresse

Plan Bleu numéro 27, publication du 27 mai 2015, Changement climatique, Ressources et milieux naturels

Plan Bleu, 2005

PNUE/PAM, 2016, Stratégie méditerranéenne pour le développement durable 2016-2025, mai 2016, p. 16

PNUE/PAM, 2016, Stratégie méditerranéenne pour le développement durable 2016-2025, mai 2016, p. 16 ; http://energies2050.org/wp-content/uploads/2016/07/2016-07-12-SMDD_2016-2025_FR.pdf

Resilience to Climate Change », *Rural Sociology*, 77(3), p. 380-407. Doi: 10.1111/j.1549-0831.2012.00082.x.

Royaume-Uni (Gibraltar), 23 en incluant la France, l'Espagne, Monaco, Italie, Malte, Slovénie, Croatie, Bosnie-Herzégovine, Monténégro, Albanie, Grèce, Chypre (incl. Chypre du Nord), Turquie, Syrie, Liban, Israël, Bande de Gaza ; Maroc, Algérie, Tunisie, Libye, Egypte

- Schulze, E.-D. et al. (2010)** « The European Carbon and Greenhouse Gas Balance Revisited », *Global Change Biology*. Wiley, p. 1451. Doi: 10.1111/j.1365-2486.2010.02215.xi.
- Seguin, B. (2010)** « Le changement climatique : conséquences pour les végétaux », *Quaderni*. OpenEdition, (71), p. 27-40. doi: 10.4000/quaderni.525..
- Seneviratne, S. I. et al. (2018)** « Climate extremes, land-climate feedbacks and land-use forcing at 1.5°C », *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. Royal Society Publishing, 376(2119). Doi: 10.1098/rsta.2016.0450.
- Siebert S, Döll P, Hoogeveen J, Faures J-M, Frenken K, Feick S (2005)** Development and validation of the global map of irrigation areas. *Hydro Earth Syst Sci* 9(5):535–547.
- Siebert S, Henrich V, Frenken K, Burke J (2013)** Update of the digital global map of irrigation areas to version 5. Rheinische Friedrich- Wilhelms-Universität, Bonn, Germany and FAO, Rome, Italy, 170pp
- Sihi, D. et al. (2018)** « Merging a mechanistic enzymatic model of soil heterotrophic respiration into an ecosystem model in two AmeriFlux sites of northeastern USA », *Agricultural and Forest Meteorology*. Elsevier B.V., 252, p. 155-166. Doi: 10.1016/j.agrformet.2018.01.026.
- Smit B, Skinner MW (2002)** Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. *Mitig Adapt Strateg Glob Chang* 7(1):85–114.
- Smith, J. W., Anderson, D. H. et Moore, R. L. (2012)** « Social Capital, Place Meanings, and Perceived cultures : état de la question et méthodologie. Gembloux.
- Stéphane Pouffary, Guillaume de Laboulaye et al, LES DÉFIS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN MÉDITERRANÉE ÉDITION 2016, 2018.**
- Termonia, P. et al. (2018)** « The CORDEX.be initiative as a foundation for climate services in Belgium », *Climate Services*. Elsevier B.V., 11, p. 49-61. Doi: 10.1016/j.cliser.2018.05.001.
- Trenberth, K. E. et al. (2014)** « Global warming and changes in drought », *Nature Climate Change*, 4(1), p. 17-22. Doi: 10.1038/nclimate2067.
- Valbonne, Stratégie méditerranéenne pour le développement durable 2016-2025.. Plan Bleu**
- Van Ypersele, J.-P. (2017)** *Climate Change: from Global to Local*
- Willems, P. et al. (2017)** « Multidecadal convection permitting climate simulations over Belgium: Sensitivity of future precipitation extremes », *Atmospheric Science Letters*. Doi: 10.1002/asl.720.
- www.europa.eu (consulté en mars 2019)
- www.meteo.be (consulté en mai 2019)
- Yaslioglu E, Akkaya Aslan ST, Kirmikil M, Gundogdu KS, Arici I (2009)** Changes in farm management and agricultural activities and their effect on farmers' satisfaction from land consolidation: the case of Bursa–Karacabey, Turkey. *Eur Plan Stud* 17(2):327–340.

Site Web

Bassin méditerranéen (<https://www.google.fr/maps/>)

BioDivMeX, <http://biodivmex.imbe.fr/spip.php?article30>

BioDivMeX, <http://biodivmex.imbe.fr/spip.php?article30>

Brisson, N. et al. (2003) www.elsevier.com/locate/eja

Chourghal N, Hartani T (2020) Quelle stratégie de semis du blé dur en Algérie pour s' adapter au changement climatique? . <https://doi.org/10.1051/cagri/2020017>

Collet L, et al., 2015 <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2015.07.093>

Daoudi A, et al., 2013 <https://doi.org/10.1684/agr.2013.0629>

Delogu, E. (2011) <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00953712>

GIEC, 2013, http://energies2050.org/wp-content/uploads/2016/07/2016-07-12-SMDD_2016-2025_FR.pdf

GIEC, 2013, http://energies2050.org/wp-content/uploads/2016/07/2016-07-12-SMDD_2016-2025_FR.pdf

ICOS 2003 : <http://www.icos-belgium.be/ICOSbelgium.html>

Imache A et al., (2009) <https://doi.org/10.1002/ird.523>

Keesstra S et al., 2018. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.08.077>

Ministère des Affaires Etrangères et du Développement International, 2014, disponible sur <http://www.jump-voyage.com/wp-content/uploads/2016/05/CarteM%C3%A9diterran%C3%A9e-4.jpg>

Plan Bleu 2015 http://planbleu.org/sites/default/files/publications/notes27_cc_fr_web.pdf

Plan Bleu, 2005 http://ec.europa.eu/clima/events/articles/0069_fr.htm

PNUE/PAM, 2016, http://energies2050.org/wp-content/uploads/2016/07/2016-07-12-SMDD_2016-2025_FR.pdf

PNUE/PAM, 2016, http://energies2050.org/wp-content/uploads/2016/07/2016-07-12-SMDD_2016-2025_FR.pdf

Smit B, Skinner MW (2002) , <https://doi.org/10.1023/A:1015862228270>

Siebert S, et al., 2005 <https://doi.org/10.5194/hess-9-535-2005>

Yaslioglu E et al ,.2009 <https://doi.org/10.1080/0965431080255363>

Résumé:

L'objectif de ce travail est d'étudier l'impact du changement climatique, car le changement climatique se caractérise principalement par une élévation de la température selon plusieurs scénarios et des changements de régimes de précipitations. Il est possible que les effets de ces changements sur les rendements des cultures soient négatifs car nous devons étudier les changements de température, de précipitations et de l'augmentation du niveau de dioxyde de carbone dans l'air et son impact sur les cultures dans la région méditerranéenne , Cela permet à la modélisation des cultures de concevoir des stratégies susceptibles d'atténuer ces impacts négatifs grâce à une sélection précoce des variétés, des dates de semis, et bien sûr l'irrigation et la fertilisation.

Mots clés: changement climatique, rendements des cultures, modélisation des cultures, stratégies, variétés précoces, dates des semis, irrigation, fertilisation.

Abstract :

The aim of this work is to study the impact of climate change, as climate change is mainly characterized by the rise in temperature according to several scenarios and the change in precipitation patterns. Carbon in the air and its impact on crops in the Mediterranean region. This allows crop modeling to devise strategies that are likely to mitigate these negative impacts through early selection of varieties, sowing dates, and of course irrigation and fertilization.

Key words: climate change / crop yields / crop modeling / strategies / early varieties / sowing dates / irrigation / fertilization

تلخيص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير التغيرات المناخية حيث يتميز تغير المناخ بشكل أساسي بارتفاع درجة الحرارة وفقا لعدة سيناريوهات و تغير أنماط هطول الأمطار فمن المحتمل أن تكون تأثيرات هذه التغيرات على غلات المحاصيل سلبية حيث تطرأنا الى دراسة تغيرات درجة الحرارة و الأمطار و كمية ثاني أكسيد الكربون في الهواء و تأثيرها على المحاصيل في منطقة البحر الابيض المتوسط مما تسمح نمذجة المحاصيل من وضع استراتيجيات التي من المحتمل أن تخفف من هذه الاثار السلبية عن طريق الاختيار المبكر للأصناف و تاريخ البذر و بطبيعة الحال الري و التسميد

الكلمات المفتاحية : التغيرات المناخية , غلات المحاصيل , نمذجة المحاصيل , استراتيجيات , الاصناف المبكرة , تاريخ البذر , الري , التسميد