

Résumé article :

Impact du changement climatique sur la production de blé
pour la plaine Indo-Gangétique en Inde

Classe de 4^{ème} PASCAL du collège Anna de Noailles, Oise, France (Liste des contributeurs en bas de l'article, Année scolaire 2021-22)

et

Anne Sophie Daloz, CICERO, Center for International Climate Research, Norvège.

Journal of Agriculture and Food Research 4 (2021) 100132

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Agriculture and Food Research

journal homepage: www.journals.elsevier.com/journal-of-agriculture-and-food-research/

Direct and indirect impacts of climate change on wheat yield in the Indo-Gangetic plain in India

A.S. Daloz^{a,*}, J.H. Rydsaa^b, Ø. Hodnebrog^a, J. Sillmann^a, B. van Oort^a, C.W. Mohr^{a,c}, M. Agrawal^d, L. Emberson^e, F. Stordal^f, T. Zhang^g

^a Center for International Climate Research, Oslo, Norway
^b Department of Physics and Technology, The Arctic University of Norway, Tromsø, Norway
^c Norwegian Institute of Bioeconomy Research, Oslo, Norway
^d Department of Botany, Banaras Hindu University, Varanasi, India
^e Environment and Geography Department, University of York, Heslington, York, UK
^f Department of Geosciences, University of Oslo, Oslo, Norway
^g Institute of Atmospheric Physics, Chaoyang, Beijing, China

ARTICLE INFO

Keywords:
Wheat yield
Climate change
Irrigation
Indo gangetic plain
Climate model
Crop model

ABSTRACT

The Indo-Gangetic Plain (IGP) is one of the main wheat-production regions in India and the world. With climate change, wheat yields in this region will be affected through changes in temperature and precipitation and decreased water availability for irrigation, raising major concerns for national and international food security. Here we use a regional climate model and a crop model to better understand the direct (via changes in temperature and precipitation) and indirect (via a decrease in irrigation availability) impacts of climate change on wheat yields at four sites spread across different states of the IGP: Punjab, Haryana, Uttar Pradesh and Bihar. The results show an increase in mean temperature and precipitation as well as maximum temperature during the growing season or Rabi season (November–April). The direct impact of climate change, via changes in temperature and precipitation, leads to wheat yield losses between –1% and –8% depending on the site examined. Then, the indirect impact of climate change is examined, considering the impact of climate change on water availability leading to a decrease in irrigation. In this case, the yield losses become significant and much higher, reaching –4% to –36% depending on the site examined and the irrigation regime chosen (6, 5, 3 or 1 irrigations). This work shows that the indirect impacts of climate change may be more detrimental than the direct climatic effects for the future wheat yields in the IGP. It also emphasizes the complexity of climatic risk and the necessity of integrating indirect impacts of climate change to fully assess how it affects agriculture and choose the adequate adaptation response.

1. Introduction

Wheat plays a critical role for national food security in India but also globally as it is the second largest producer in the World, contributing to 13% of the global wheat supply (Zaveri and Lobell [49]). With temperatures very likely to rise in the coming years, a fall in yield is likely for many wheat-production regions in the World [3] and has been projected for several countries such as Egypt [1], Iran [37], Russia and India [50]. Here, we focus on the Indo-Gangetic Plain (IGP), which includes India's major wheat-producing regions: Uttar Pradesh, Punjab and Harayana. The predominant position of the IGP is the result of agricultural policies taken during the Green Revolution in the 1960s and 1970s, enabling rice and wheat to emerge as major crops for this region [24]. However, as Sekar and Pal [41] showed, wheat and rice productivity growth has already decelerated over the last decades, raising major concerns for national and international food security. In this context, appropriate adaptation responses might be necessary, it is therefore important to better understand how wheat yield production is changing and how it could be affected by additional stresses resulting from climate change in the future.

Prior work using single models or multi-model ensembles such as the Climate Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) or the Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX) have shown that, with climate change, mean and extreme temperatures will increase

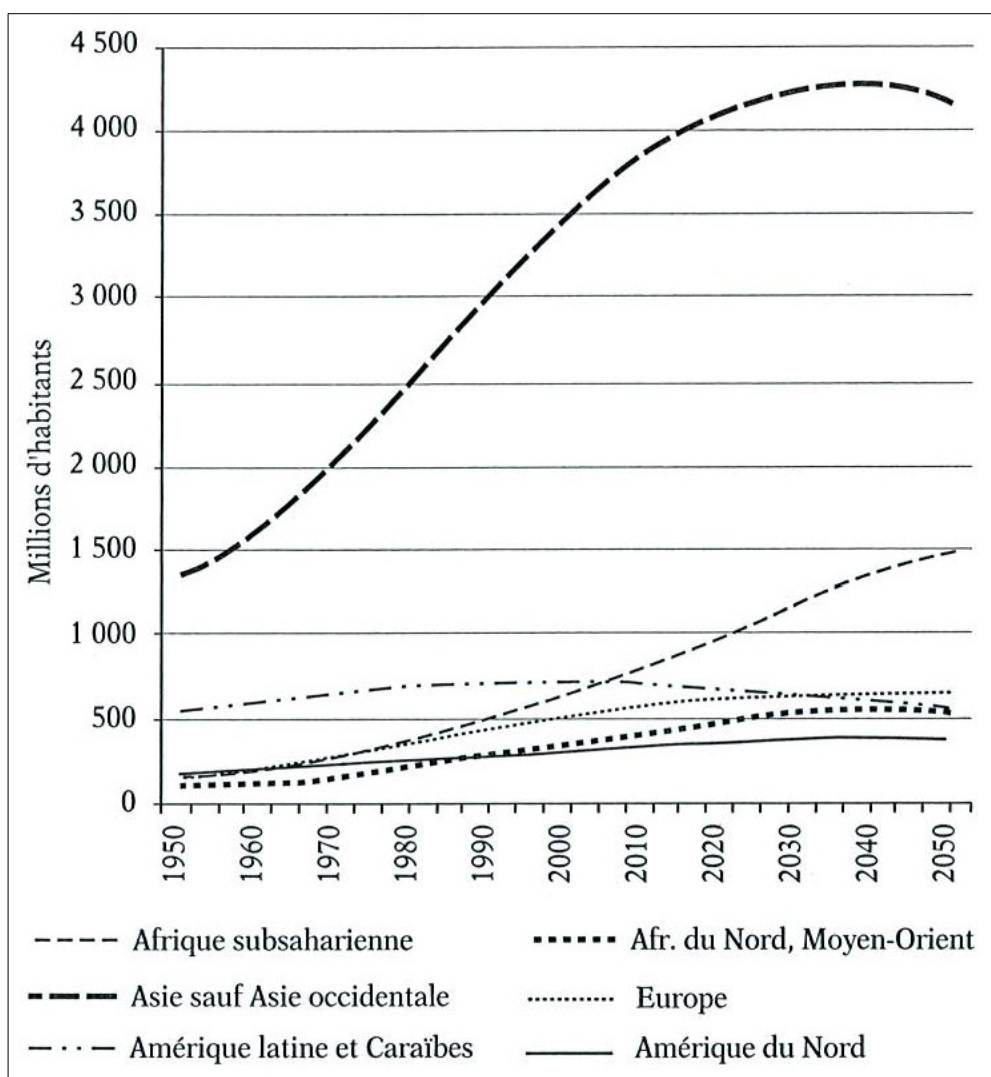
* Corresponding author.
E-mail address: anne.sophie.daloz@cicero.oslo.no (A.S. Daloz).

<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100132>
Received 29 June 2020; Received in revised form 25 January 2021; Accepted 24 February 2021
2666-1543/© 2021 The Authors. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

11 **Partie 1 : Contexte (ce que l'on sait avant de commencer) et questions abordées dans**
12 **l'étude.**

13
14 • **L'alimentation dans un monde impacté par le changement climatique**

15 Comme le précise ce graphique la population mondiale augmente (Figure 1). La
16 quantité de nourriture produite doit augmenter pour subvenir aux besoins grandissants des
17 populations. En parallèle, les effets du changement climatique se font ressentir de plus en
18 plus, notamment sur l'agriculture, avec souvent des effets négatifs sur les cultures et plus
19 généralement la production de nourriture. Dans cet article, nous nous intéressons au cas
20 d'une région en Inde (Asie) , grande productrice de blé, afin de mieux comprendre les
21 conséquences des impacts directs et indirectes du changement climatique.

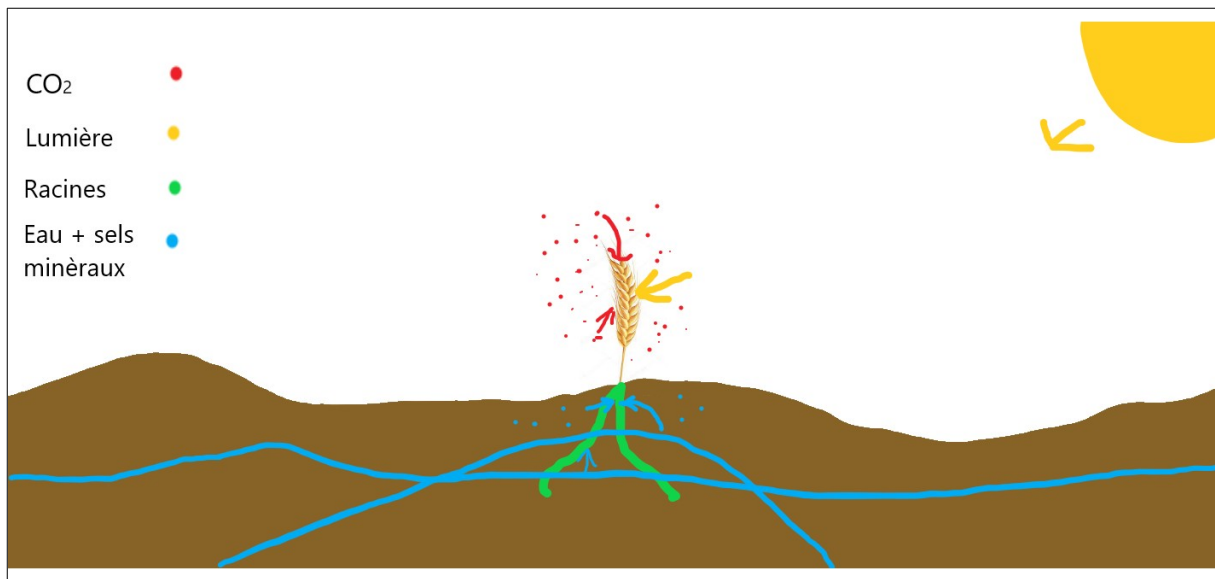


40 Figure 1 : Evolution de la population mondiale depuis 1950 et prévisions . (Source :
41 <https://www.senat.fr/rap/r11-504/r11-5042.html>)

42
43
44
45
46

47 • **Les besoins du blé pour sa croissance.**

48 Pour sa croissance, le blé a besoin de lumière, d'eau, de sels minéraux et de
49 dioxyde de carbone pour sa croissance.

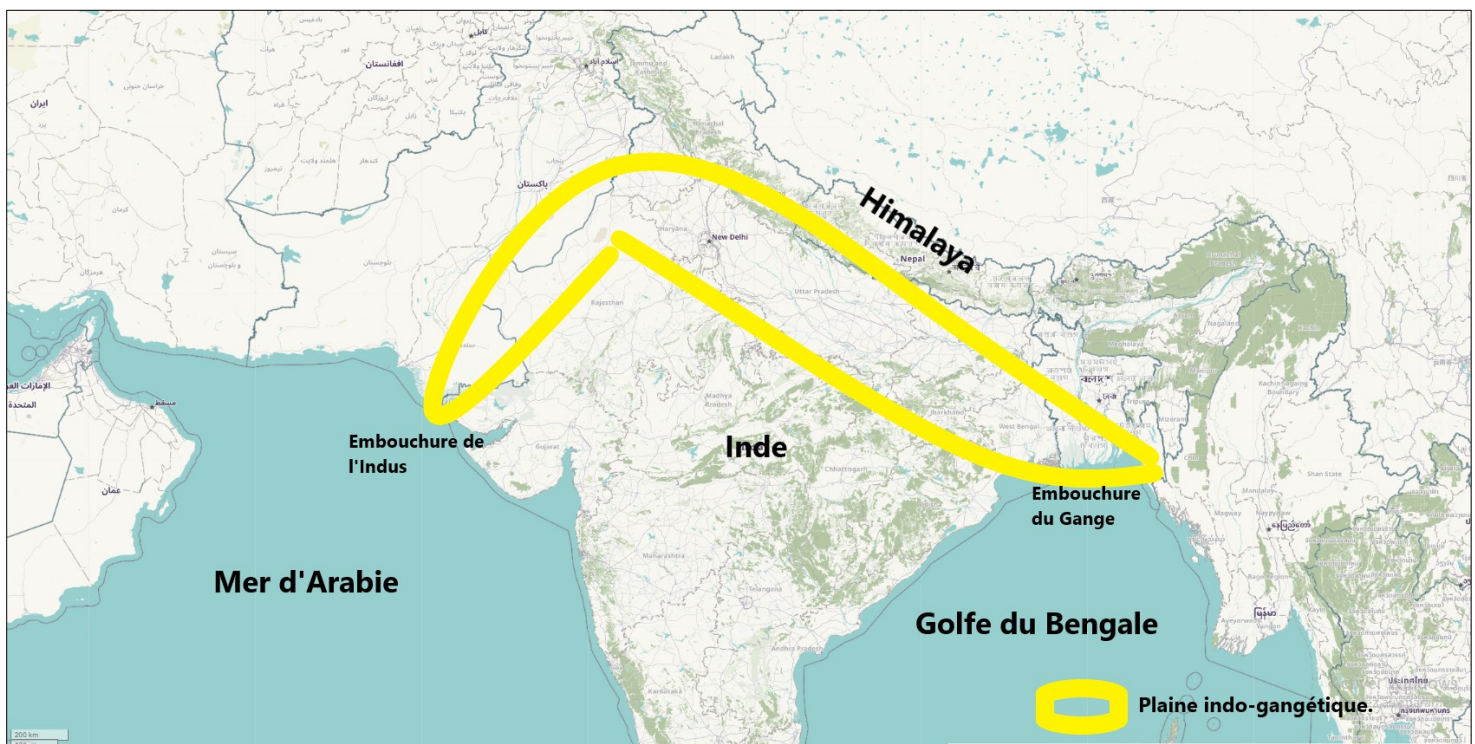


50 Figure 2 : Schéma résumant les besoins du blé (végétal) pendant sa croissance.

51

52 • **Localisation de la région Indo-Gangétique et description de son rôle pour l'Inde et**
53 **le reste du monde**

54 La plaine Indo-Gangétique (Indo-Gangetic Plain en anglais ; IGP) est une plaine très
55 fertile d'Asie, en Inde, bordant les montagnes himalayennes. Cette région est extrêmement
56 importante pour l'Inde et le reste du monde. En effet, cette région contribue grandement à
57 la production de blé indienne, qui représente 13% de la production mondiale. En même
58 temps, comme le reste du monde, cette région est et va être impactée par le changement
59 climatique.



60 Figure 3: Carte localisant la plaine Indo-Gangétique en Inde (I.G.P.). (Modifié depuis source :
61 fond de carte par OpenStreetMap France, sous licence CC BY-SA , © les contributeurs OpenStreetMap, sous
62 licence ODbL)

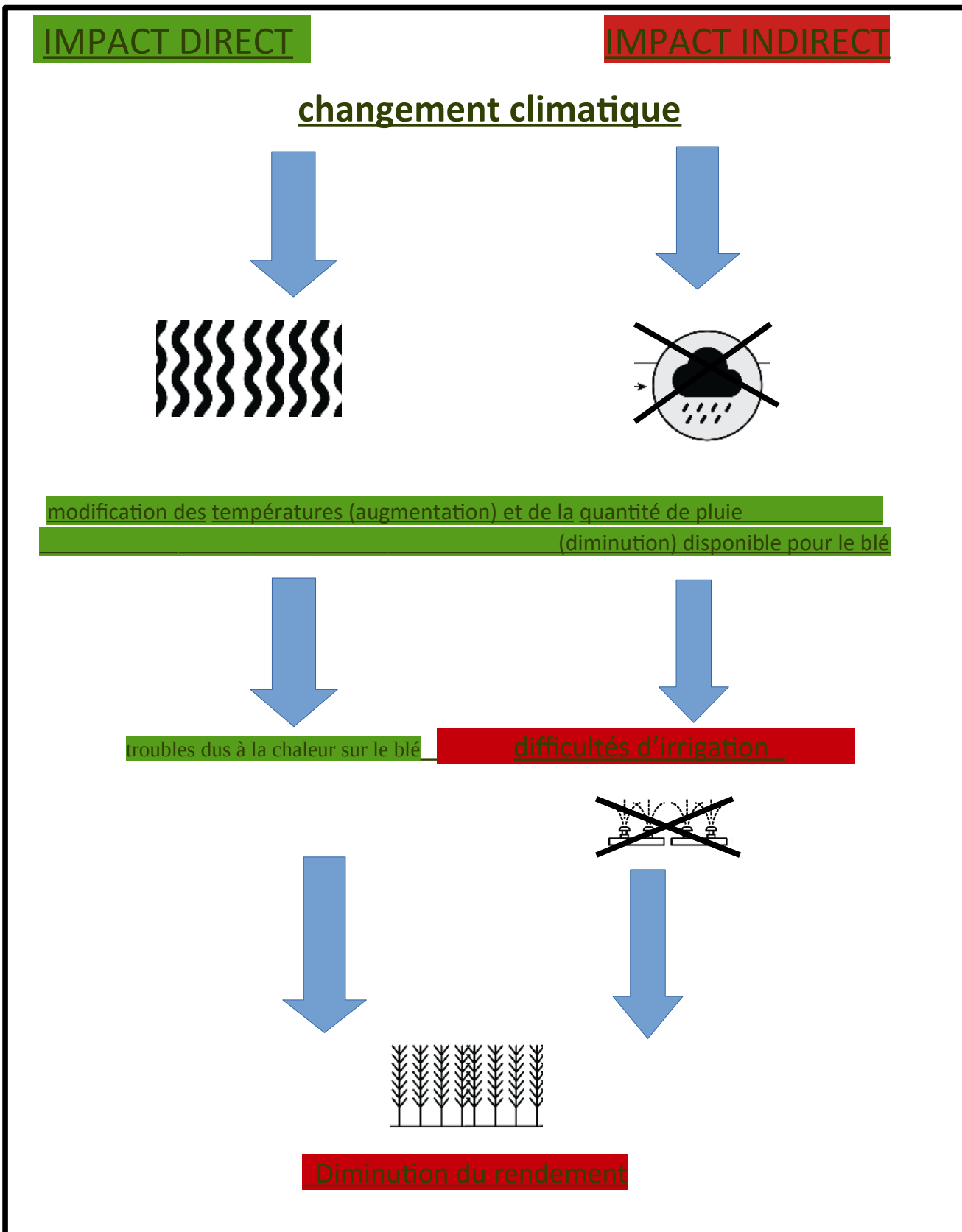
63 • **Impacts du changement climatique sur l'agriculture, définitions :**

64 ○ **Impacts directs :** **un objet influe directement sur le sujet.**

65 Quand on considère les impacts directs du changement climatique (Figure 3), nous
66 nous intéressons à l'impact du changement climatique (augmentation de CO₂: gaz présent
67 naturellement dans l'atmosphère) sur l'environnement des plantes. Dans notre cas, nous
68 nous intéressons à la modification des températures et de la quantité de pluie.

69 ○ **Impacts indirects :** **un objet influe sur un autre objet qui influe sur le sujet.**

70 Pour les effets indirects (Figure 3), nous nous intéressons à des procédés qui
71 exercent une influence sur la croissance de la plante et qui eux-mêmes sont impactés par le
72 changement climatique. Dans notre cas, nous nous intéressons à l'irrigation des champs.
73 L'irrigation est largement utilisée dans cette région de l'Inde depuis ce qu'on appelle la
74 révolution verte. Dans cette région du monde, l'irrigation dépend de plusieurs
75 facteurs comme la fonte des glaciers de l'Himalaya ou la quantité de pluie qui tombe par
76 exemple. Le changement climatique exerce sur une influence sur ces facteurs. Par
77 conséquent, plusieurs études montrent que le secteur de l'irrigation devrait être en
78 difficultés dans le futur en IGP.



104 Figure 4 : Schéma résumant les impacts directs et indirects sur la production de blé dans
105 l'I.G.P.

109 ● **Questions scientifiques abordées dans l'article :**

110 **Dans ce contexte, nous nous intéressons aux questions suivantes :**

- 111 - Quel est l'impact direct du changement climatique sur la production de blé en Inde
112 (IGP) ?
- 113 - Quels sont les impacts directs et indirects du changement climatique sur la
114 production de blé en Inde (IGP) ?

115

116 **Partie 2 : Modèles et méthodes.**

117 Pour travailler sur ces questions nous combinons¹ deux types de modèles* :
118 modèle de climat et modèle de culture . Ces modèles sont très complexes², le pre-
119 mier modèle représente les conditions climatiques en Inde (température et pluie)
120 pour le climat actuel mais aussi le climat futur . Le deuxième représente le cycle de
121 vie d'une plante. Une partie des données produites par le modèle de climat va être
122 incorporée³ dans le modèle de culture pour modéliser l'impact⁴ du changement cli-
123 matique sur la croissance du blé.

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

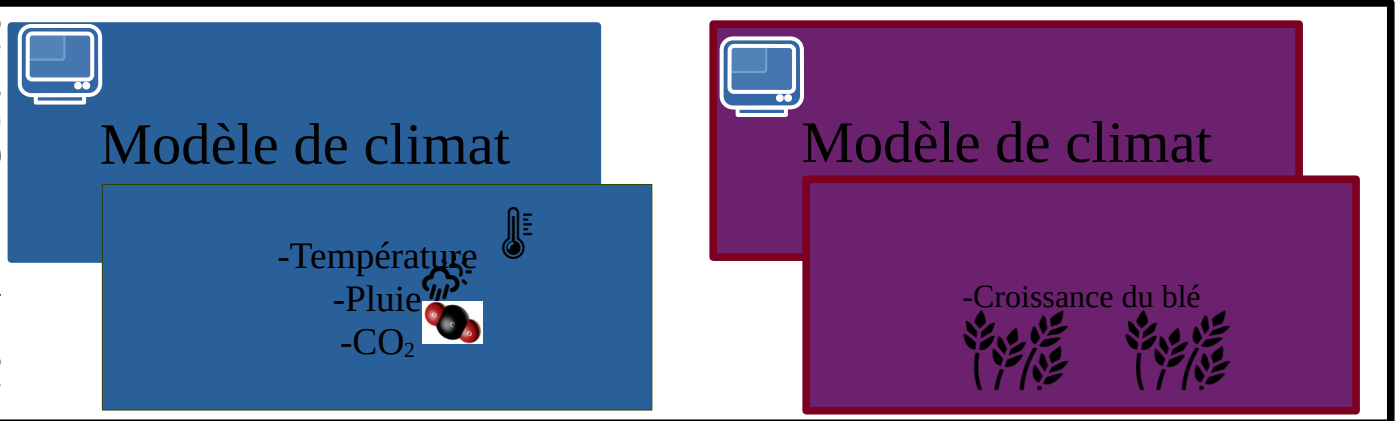
158

159

159

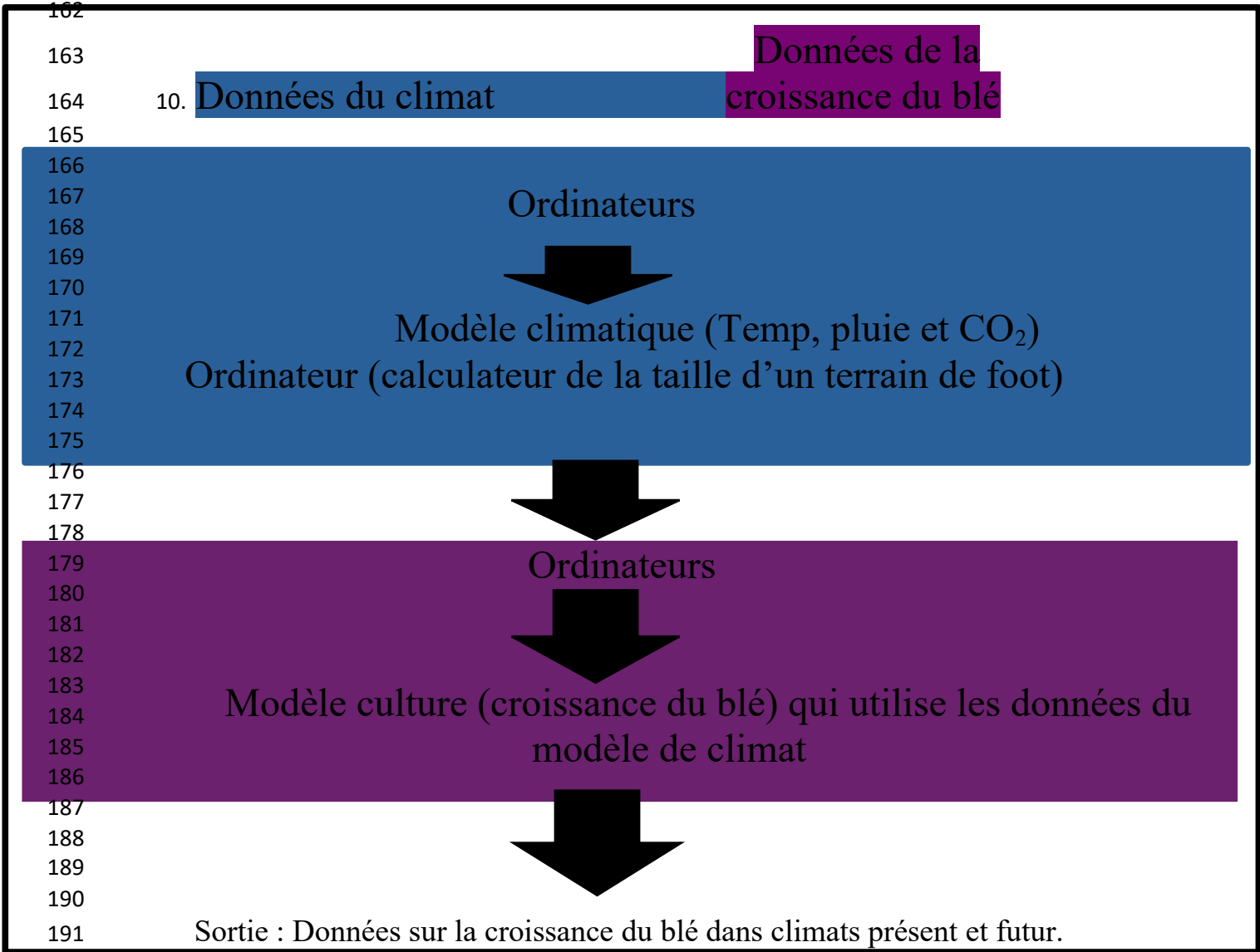
159

159



1. Figure 5: Représentation schématique⁵ de la méthodologie⁶ employée afin de calculer la production du blé pour les climats présents et futur
2. * Un modèle climatique est une représentation du monde avec différents éléments (océans, nuages, terre, etc.) Il simule les conditions climatiques futures et présentes à partir de calculs.. Ces calculs sont très complexes et peuvent être longs et sont réalisés grâce à des ordinateurs qui peuvent faire presque la taille qu'un terrain de foot (80%/90%). Les modèles nous aident à réfléchir à des solutions pour lutter contre le réchauffement climatique par exemple.
3. Lexique:
4. 1: assemblons
5. 2: difficiles, durs
6. 3: mis, saisie informatiquement
7. 4: les conséquences
8. 5: dessin scientifique
9. 6: méthode, étapes suivies

160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199



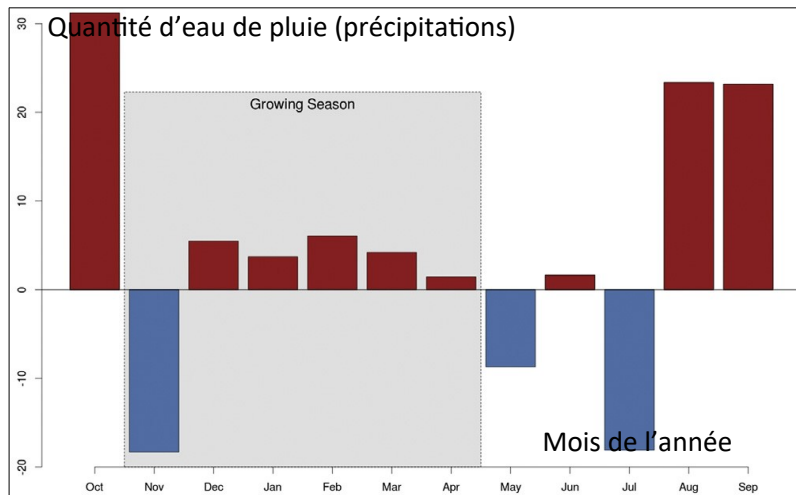
11. Figure 6 : Schéma représentant les modèles utilisés.

12.

200 **Partie 3 : Résultats.**

201 - Impact du changement climatique sur la température et la pluie

202 **Le modèle climatique*** montre
203 une augmentation des températures
204 sur l'Inde. Pour la pluie, les résultats
205 sont moins clairs mais on remarque
206 une petite augmentation des pluies
207 durant les mois de croissance du blé
208 (novembre à avril ; Figure 7).



209
210
211

212 **Figure 7 :** Différence de quantité de pluie entre les climats futur et
213 présent (%). (Source: Daloz et al. (2021))

214 ***Modèle climatique :** Un modèle climatique simule les interactions entre l'atmosphère,
215 l'océan et les surfaces continentales. Grâce au modèle, les scientifiques ont des
216 représentations numériques de la répartition géographique de différents paramètres, tels
217 que la répartition des vents, des nuages, des masses d'eau...

218 - Conséquences pour la production de blé

219 La simulation montre que ces changements dans l'environnement des plantes
220 provoquerait une diminution entre -1% et -8% dans la production de blé dans le futur.

221 - Inclusion des effets indirectes

222 Une fois l'impact de l'irrigation* inclus (limitation), la production de blé diminuerait
223 entre -4% et 36%. Prendre en compte les effets indirects du changement climatique est
224 essentiel.

225 ***Irrigation :** arrosage artificiel et méthodique des terres

226

227 **Partie 4 : Conclusion et discussion.**

228 L'étude des impacts du changement climatique est compliquée, comme on le voit
229 dans cette étude. Il faut prendre en compte les effets directs et indirects liés au
230 réchauffement de la planète. Il est important de prendre en compte cette complexité et de
231 ne pas s'intéresser seulement à ce qui est évident. L'amélioration des modèles climatiques
232 mais aussi leur association permettent prendre en compte cette complexité et de mieux
233 comprendre l'impact du changement climatique.

234 Mieux comprendre les impacts du changement climatique est important puisque
235 cela permet de mieux se préparer afin d'essayer d'éviter ou de limiter les effets du
236 changement climatique et de mieux protéger les populations et les **écosystèmes***.

237 ***Écosystèmes :** Unité écologique de base formée par le milieu et les organismes qui y vivent.

239 **Élèves impliqués dans le travail d'écriture (par ordre alphabétique) :**

240 *Beaupied Célia, Bekhti Yasmine, Bellino Fabio, Boudin Tilia, Breemeersch Cali, Cerny-Lehuede*
 241 *Timoté, Chartier Léana, Da Silva Martins Enzo, Daventure Léo, De la Fuente Marie-Lou, Decaix*
 242 *Lana, Dubos Aimé, Dusautoir Raphaël, Eckert Hugo, Geyasridaran Hajaane, Houel Manon,*
 243 *Kielbasa Mathilde, Le Gac Louisa, Ledent Sasha, Lefevre Timéo, Mery Mailys, Ottenin-Besse Chloé,*
 244 *Rousselot Tristan, Savoyant Drouard Ninon, Servais Sacha, Soeira Nunes Léandro, Solon Mathis,*
 245 *Tamion Pauline, Tournier Thomas de la classe de S.V.T. 4e PASCAL de M Saudmont G. du collège*
 246 *Anna De Noailles (Oise, Année scolaire 2021-2022)*

247 **Démarche suivie par l'enseignant porteur du projet (carnet de bord simplifié):**

248 - Prise de contact avec le journal DECODER. (<http://journal-decoder.fr/>)

249 - Mise en lien avec Anne-Sophie Daloz par Antoine Vernay (représentant du journal) par
 250 visioconférence. Présentation des attentes respectives, des parcours et de l'article scientifique publié
 251 qui servira de base de travail

252 - Organisation d'une visioconférence avec Anne-Sophie Daloz pour organiser le projet et les points
 253 étapes.

254 - Visioconférence 1 : prise de contact entre les élèves et la chercheuse. Présentation du parcours
 255 d'Anne-Sophie Daloz et du métier ainsi que de la démarche à suivre pour publier un article.
 256 Interaction brève avec les élèves.

257 -Deux séances par les élèves en collaboration avec l'enseignante documentaliste (Mme Boisseau E.) :
 258 lecture de l'article traduit, repérage de la démarche scientifique, compréhension du vocabulaire,
 259 questionnement des élèves sur les points complexes. Recherches.

260 - Visioconférence 2 : présentation orale par les élèves des notions comprises, de leur compréhension
 261 du travail de chercheur et interactions pour comprendre le concept de modélisation.
 262 Questionnement plus personnel sur le parcours scolaire suivi et à suivre.

263 -Deux séances par les élèves en collaboration avec l'enseignante documentaliste (Mme Boisseau E.) :
 264 découpage de l'article et répartition entre différents groupes et formulation orale de ce qui en est
 265 compris et des interrogations restantes. Répétition de la pratique orale. Reformulation
 266 (schématisation et/ou modification du vocabulaire) de l'article et présentations aux pairs avec
 267 justification des changements. Mise en commun sur un document numérique. Préparation de la
 268 visioconférence 3.

269 - Visioconférence 3 : présentation orale des productions par les différents groupes et justification des
 270 modifications de l'article à Anne-Sophie Daloz afin d'obtenir une expertise du travail réalisé.

271 -Séances (2) de mise en page harmonisée et consensuelle de l'article intégrant les dernières
 272 remarques avant envoi pour expertise définitive.

273 **Plus value pour les élèves :**

274 - Échanger avec un scientifique, développer le parcours avenir et la place des femmes dans le
 275 domaine de la recherche.

276 - Notion de changement climatique et impact sur le quotidien. Réponse à des inquiétudes et
 277 recherche de pistes de solutions à envisager.

278 - Pratique de la démarche scientifique.

279 - Découverte du cheminement à suivre pour construire et publier un article scientifique. (E.M.I.)

280 - Travailler en équipe et en collaboration pour rendre compréhensible un article scientifique de haut
 281 niveau.

- 282 - Pratique de l'oral, prise de confiance et acquisition de techniques pour optimiser la communication
283 orale.
- 284 - Exploiter l'outil numérique pour faire part de sa production, échanger avec les camarades pour
285 construire un support commun partagé (via l'ENT HDF) et à publier.
- 286