



**aGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
SAÔNE-ET-LOIRE

PROaGRI

POUR VOUS. AUJOURD'HUI. ET DEMAIN

Conférence Grandes Cultures

Changement climatique : quelles conséquences pour la conduite des cultures ?

Lundi 17 février 2020 à Saint Marcel





Agriculture et Changements Climatiques

Thomas GONTIER



Agriculture et changements climatiques

1. **Changements Climatiques – Késako ?**
2. Changements Climatiques – Quels impacts ?
3. Agriculture et GES
4. CC – Evolutions pour l'agriculture
5. CC – Quelles perspectives ?

changements climatiques – Késako ?

➤ Météo et climat

- ⇒ Un événement **météorologique** se produit dans l'heure, la journée ou la semaine pour les plus grosses perturbations.
- ⇒ On parle de **climat** sur une longue période.

Pour les climatologues = une **période d'au moins 30 ans** pour établir une moyenne significative.

➤ Atténuation et adaptation : les deux volets indispensables

Agir sur les causes et faire face aux conséquences

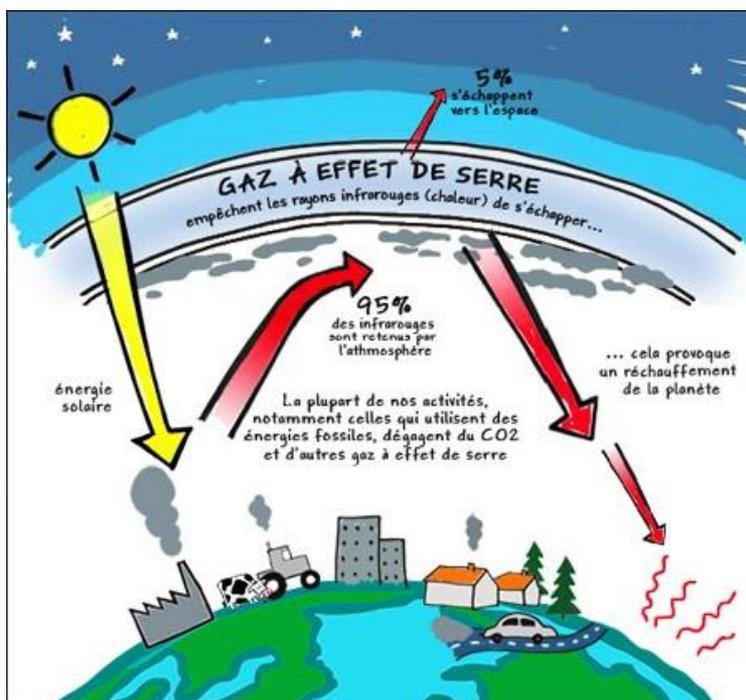
L'atténuation traite les causes du CC et vise à limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES).

L'adaptation s'attaque aux conséquences du CC et cherche à réduire la vulnérabilité des systèmes : résistance et résilience

changements climatiques – Késako ?

Gaz à Effet de Serre (GES)

- Absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et le renvoie vers le sol
- **Contribuent à l'effet de serre.**
- L'augmentation de leur concentration est l'un des facteurs du réchauffement climatique.



en période
préindustrielle

changements climatiques – Késako ?

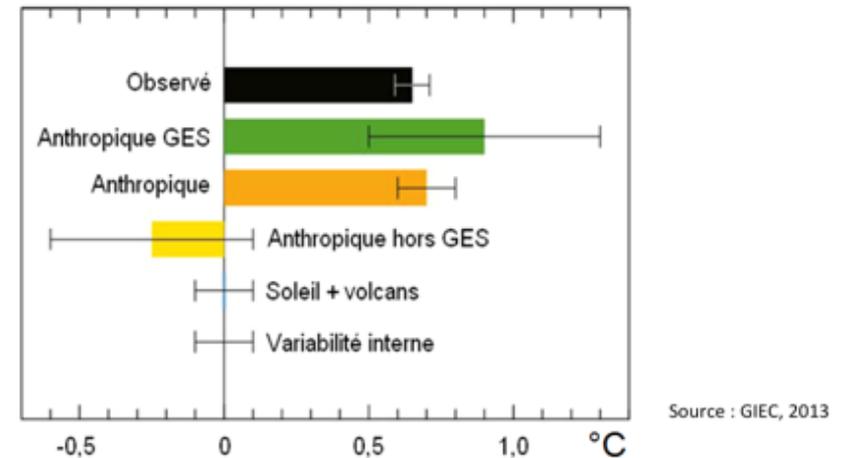
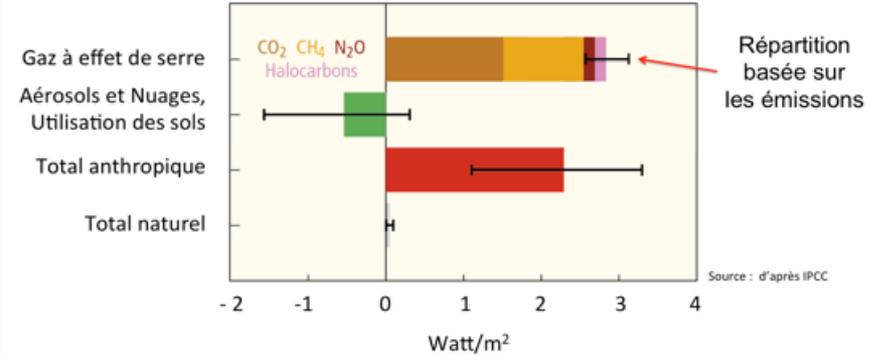
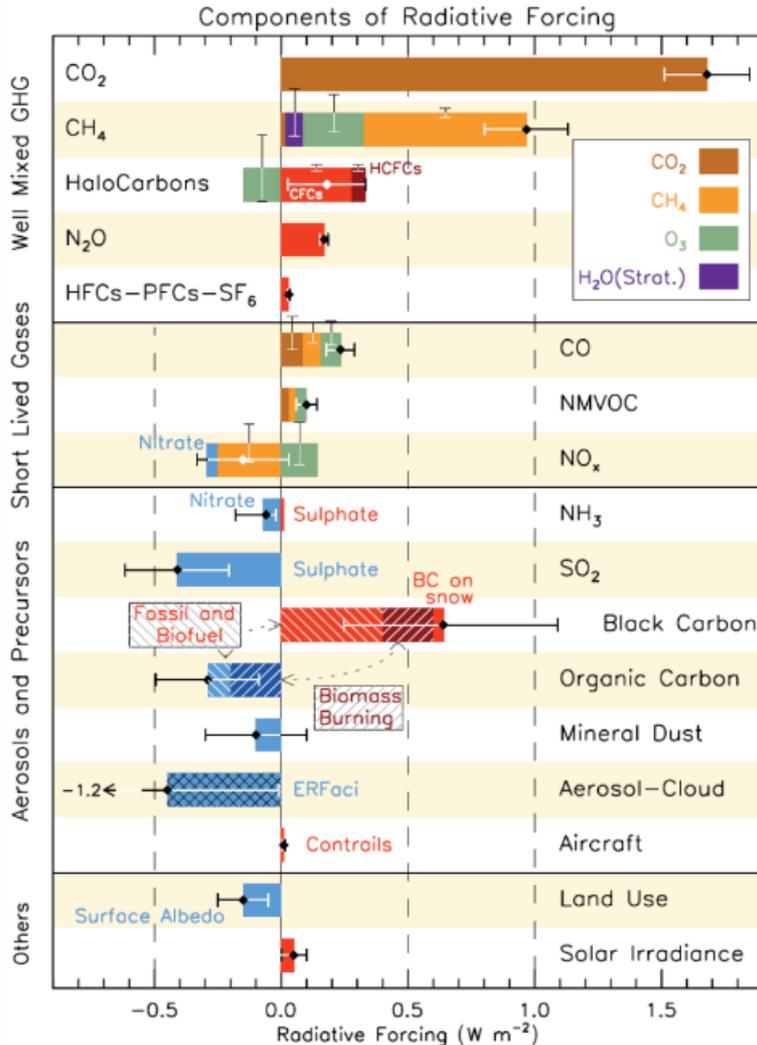
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NF ₃
Concentration atmosphérique 2016 (en 2005 entre parenthèses)	0,0403% 403 ppm (379 ppm)	1 842 ppb (1 773 ppb)	329 ppb (320 ppb)	> 183 ppt (> 49 ppt)	> 88 ppt (> 4,1 ppt)	8,9 ppt (5,6 ppt)	1,4 ppt (> 0 ppt)
Potentiel de réchauffement global (cumulé sur cent ans)	1	28-30	265	[1,4 ; 14 800]	[6 630 ; 11 100]	23 500	16 100
Origine des émissions anthropiques	Combustion d'énergie fossile, procédés industriels et déforestation tropicale	Décharges, <u>agriculture</u> , élevage et procédés industriels	<u>Agriculture</u> , procédés industriels, utilisation d'engrais	Sprays, réfrigération, procédés industriels			Fabrication de composants électroniques
Modification du forçage radiatif en 2016 depuis 1750 par les émissions anthropiques (W/m ²) (en 2005 entre parenthèses)	+ 1,99 (+ 1,66)	+ 0,51 (+ 0,48)	+ 0,19 (+ 0,16)	+ 0,12 (+ 0,09)			

ppm : partie par million, ppb : partie par milliard, ppt : partie par trillion.

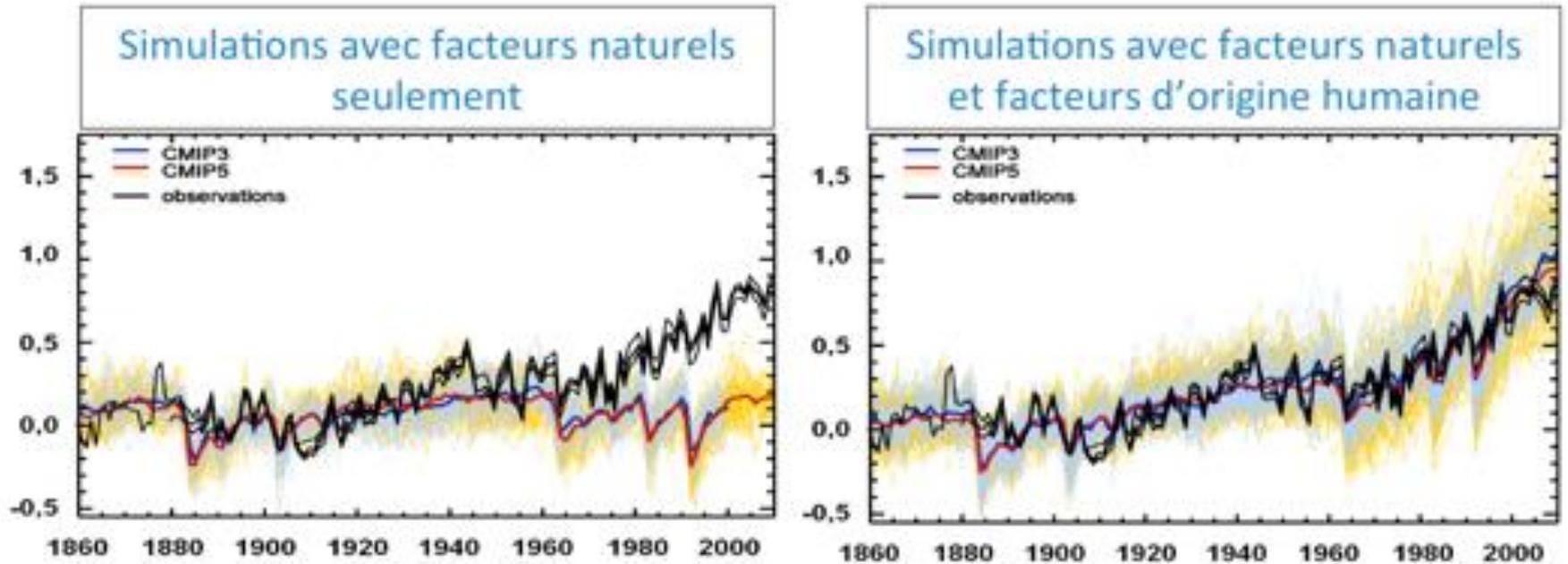
Sources : Giec, 1^{er} groupe de travail, 2013 ; NOAA, 2018 ; Agage, 2018

changements climatiques – Késako ?

Activités humaines : des éléments de forçage radiatif positifs ou négatifs



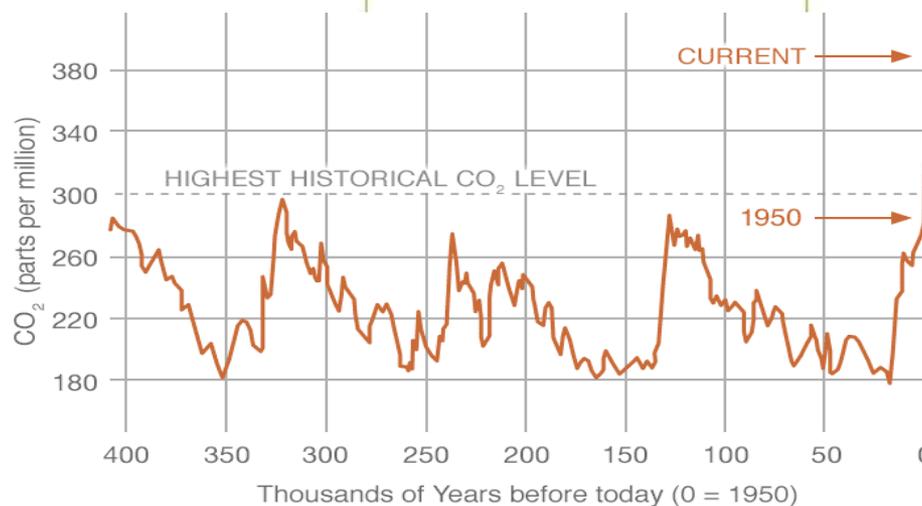
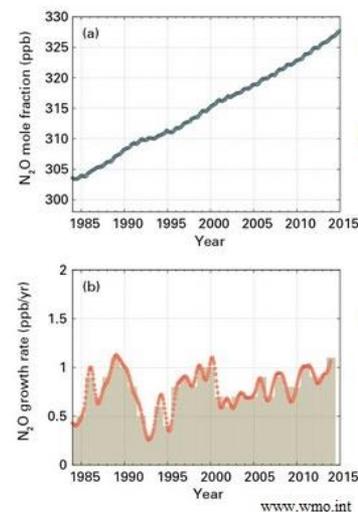
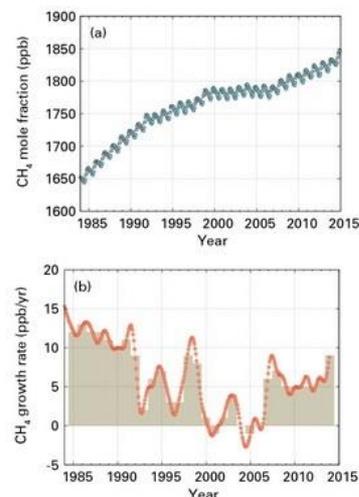
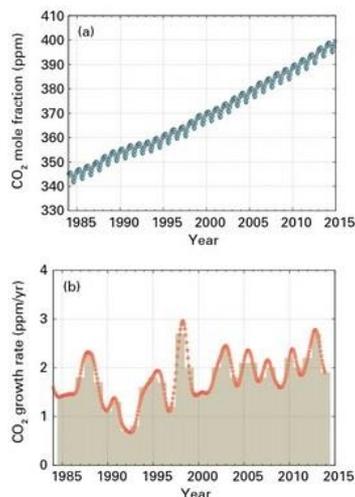
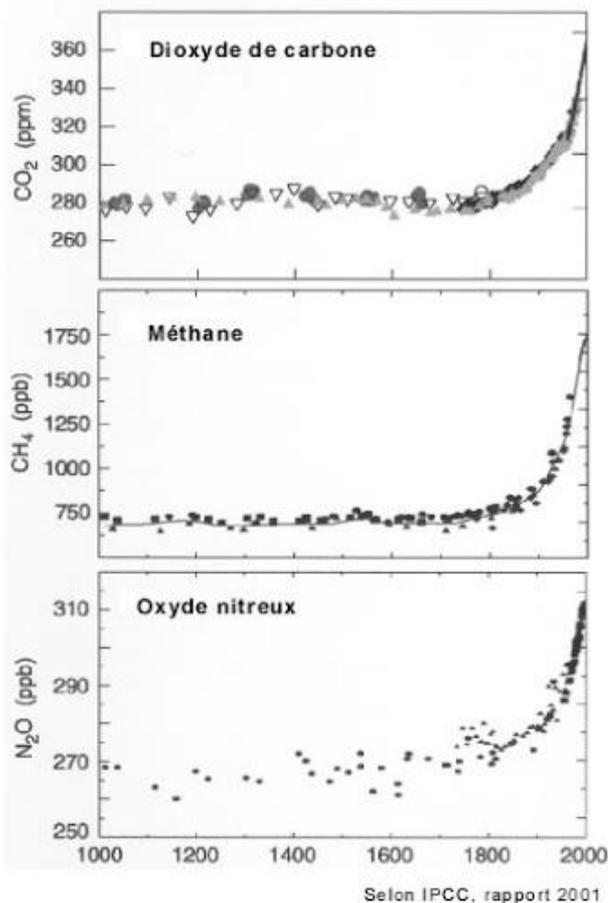
Evolution de la température



Source : GIEC, 2013

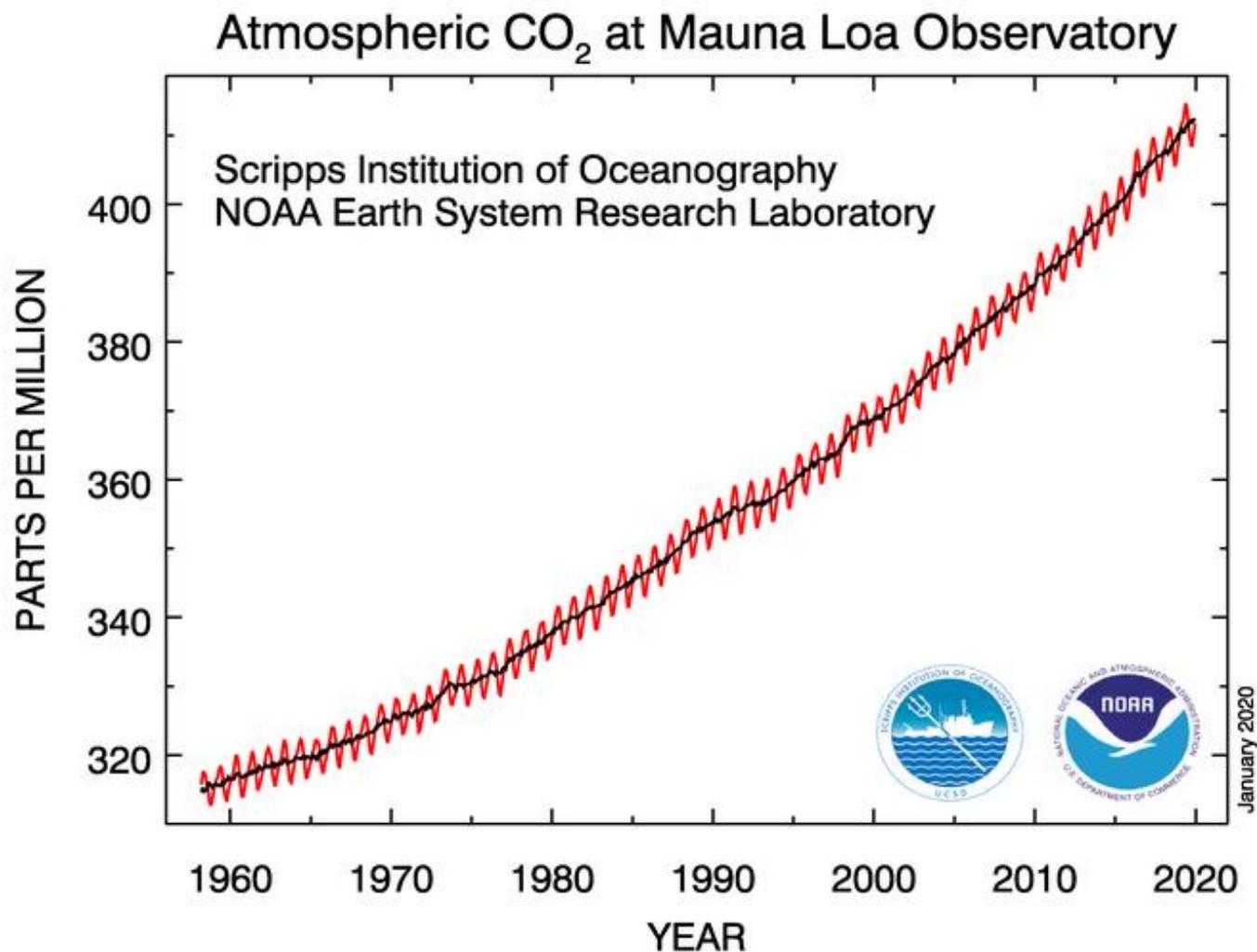
changements climatiques – Késako ?

Teneurs dans l'atmosphère



Evolution mesurée de la concentration atmosphérique mondiale en CO₂ depuis 400 000 ans. Source : NOAA.

changements climatiques – Késako ?



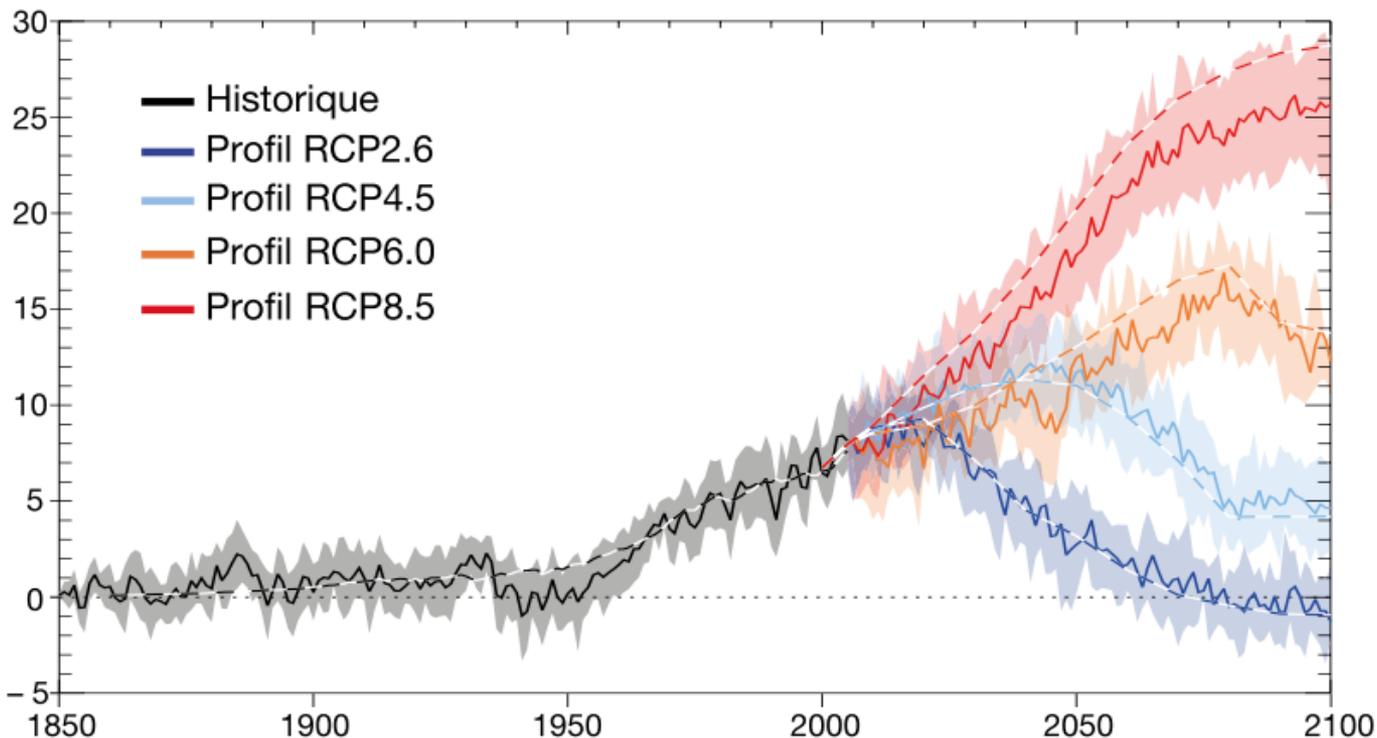
414,1 ppm le
28/01/2020

https://twitter.com/Keeling_curve

changements climatiques – Késako ?

PROJECTIONS DES ÉMISSIONS LIÉES AUX ÉNERGIES FOSSILES SUIVANT LES QUATRE PROFILS D'ÉVOLUTION DE GES (RCP DU GIEC)

En Gt C



Source : Giec, 1^{er} groupe de travail, 2013

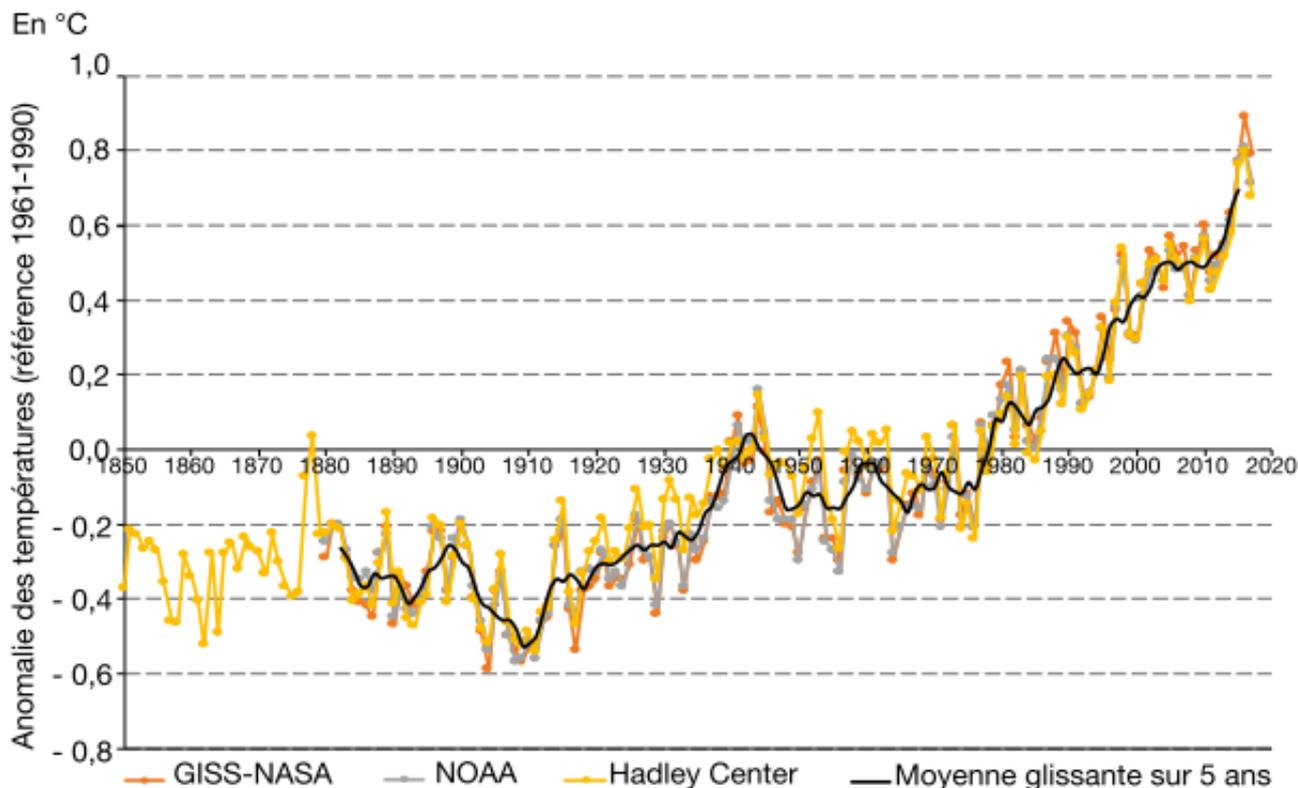
Chiffres clés du climat – France, Europe, Monde – CGDD- Edition 2019

Agriculture et changements climatiques

1. **Changements Climatiques – Késako ?**
2. **Changements Climatiques–Quels impacts ?**
3. Agriculture et GES
4. CC – Evolutions pour l’agriculture
5. CC – Quelles perspectives ?

changements climatiques – quels impacts ?

ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE ANNUELLE MONDIALE DE 1850 À 2017



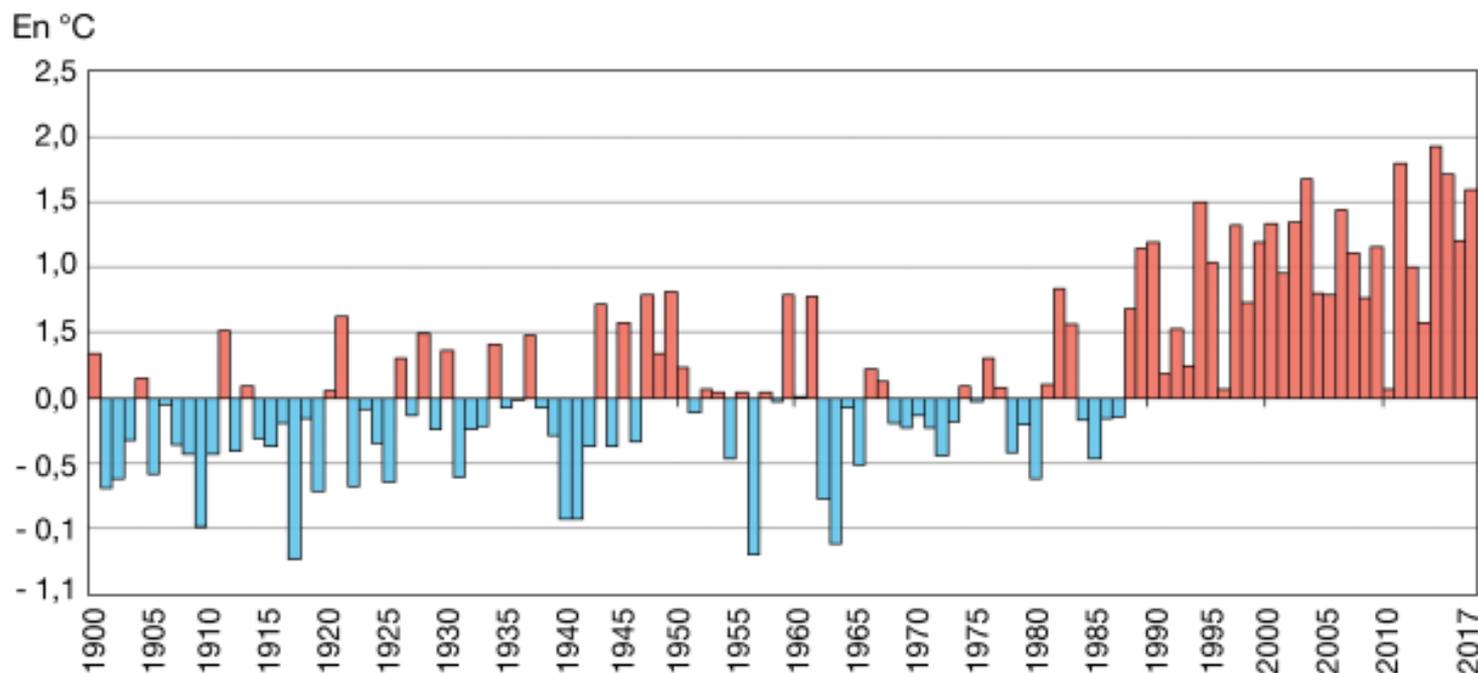
Sources : NASA ; NOAA ; Hadley Center

Chiffres clés du climat – France, Europe, Monde – CGDD- Edition 2019

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

changements climatiques – quels impacts ?

ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE ANNUELLE EN FRANCE MÉTROPOLITAINE DEPUIS 1900



Note : l'évolution de la température moyenne annuelle est représentée sous forme d'écart de cette dernière à la moyenne observée sur la période 1961-1990 (11,8 °C).

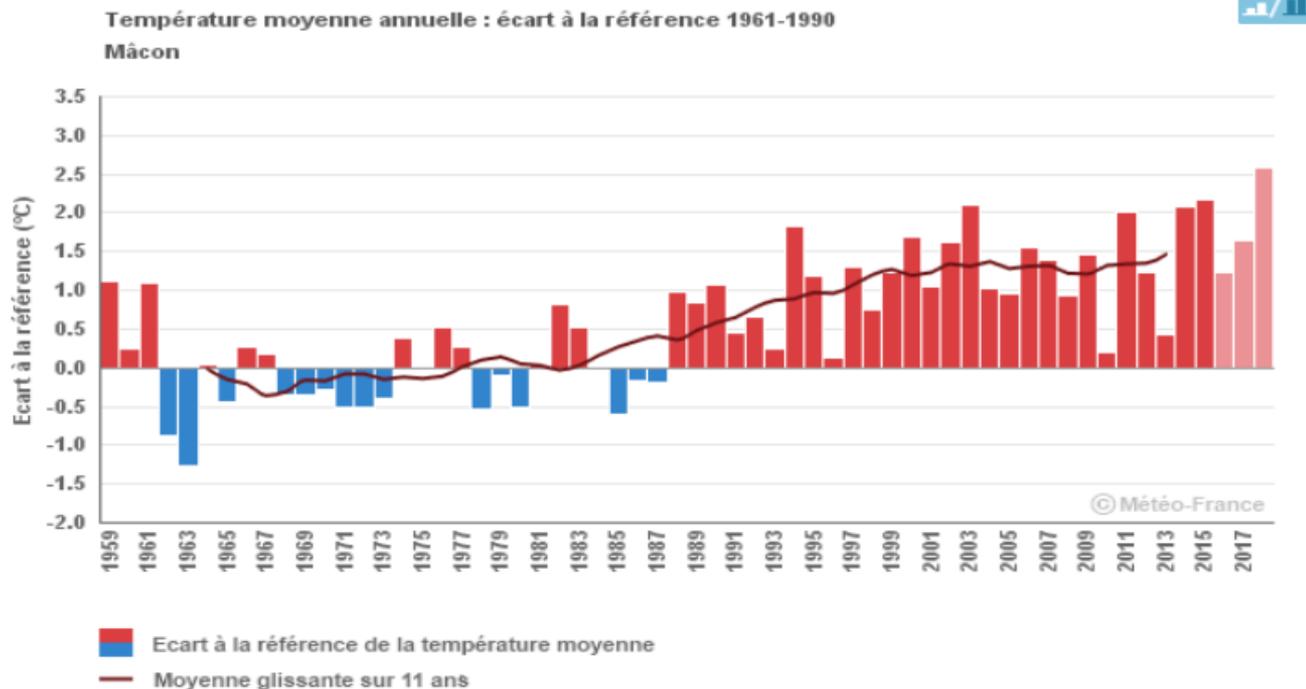
Champ : France métropolitaine.

Source : Météo-France

Chiffres clés du climat – France, Europe, Monde – CGDD- Edition 2019

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

changements climatiques – quels impacts ?



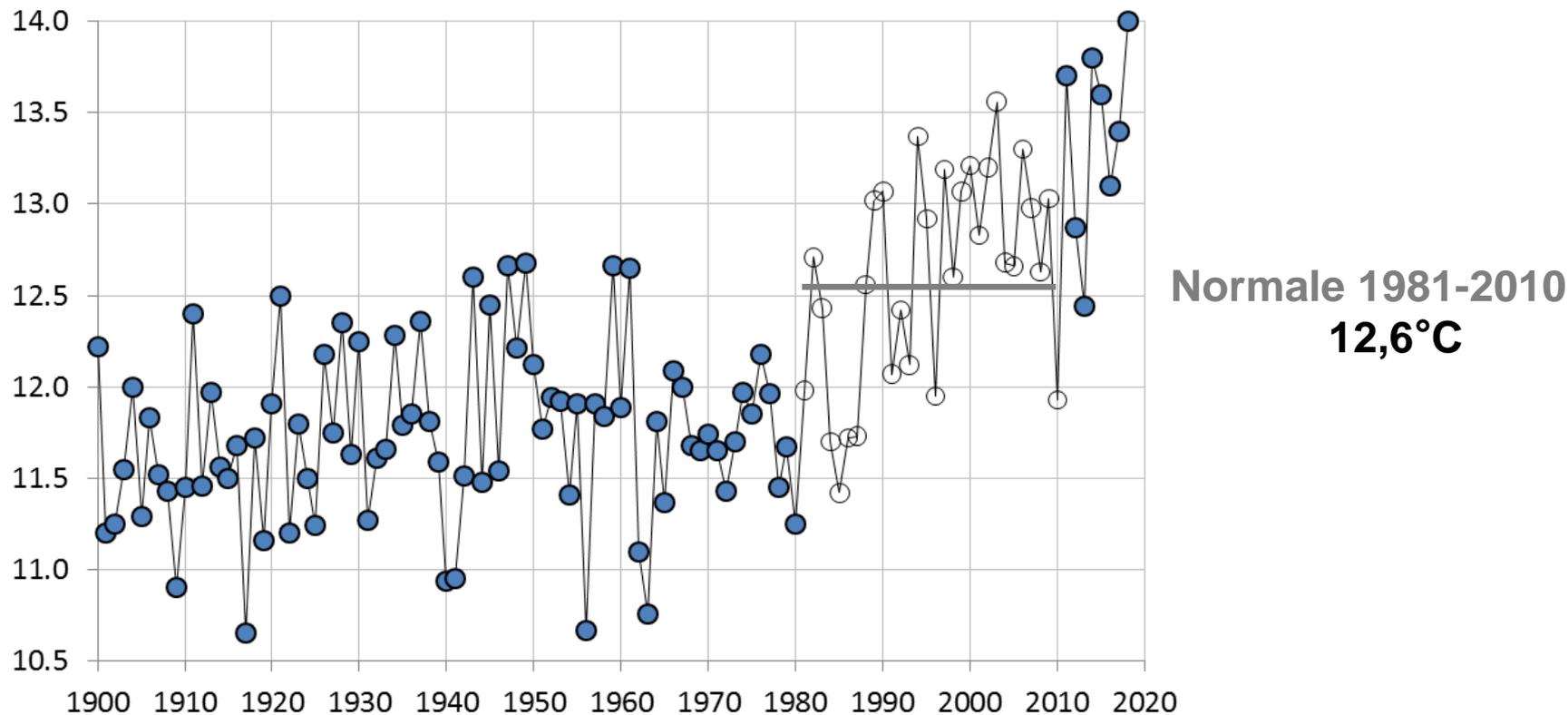
Anomalie de la température moyenne annuelle de l'air, en surface, à Mâcon depuis 1959 par rapport à la normale de référence 1961-1990

Source : Météo France

changements climatiques – quels impacts ?

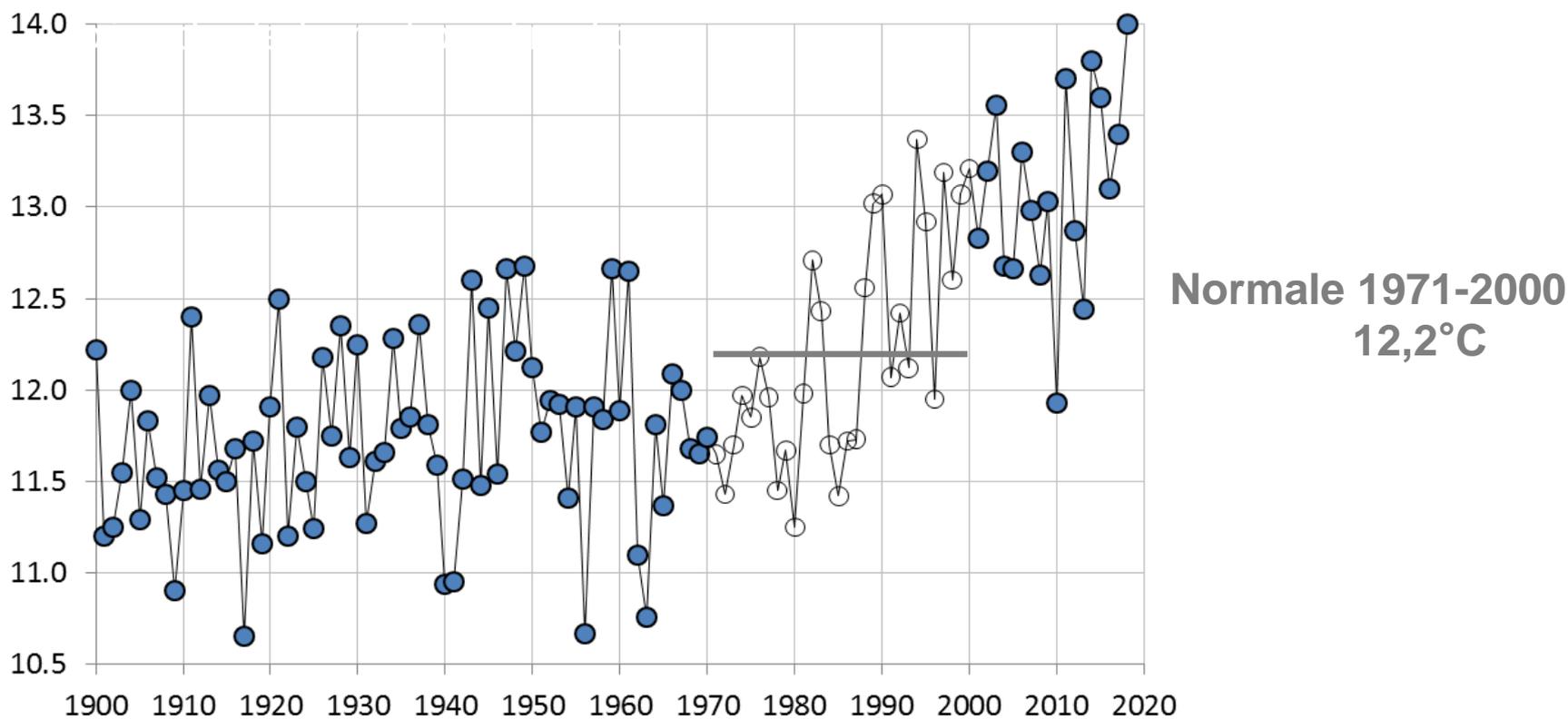
Définition – température moyenne

La **normale** est la moyenne des valeurs sur trente ans d'un paramètre atmosphérique. Elle est mise à jour tous les 10 ans.



Température moyenne annuelle en France de 1900 à 2018. Source : Météo France.

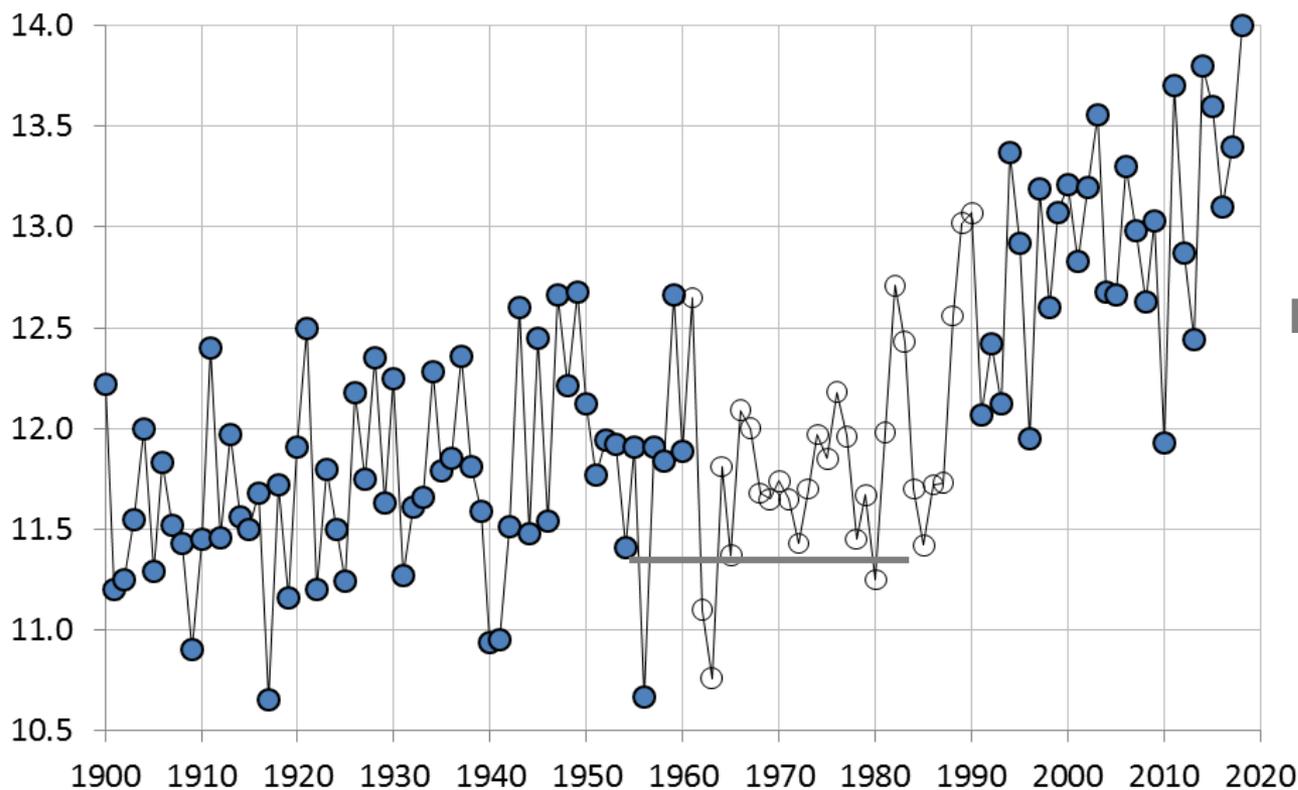
changements climatiques – quels impacts ?



Température moyenne annuelle en France de 1900 à 2018. Source : Météo France.

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

changements climatiques – quels impacts ?



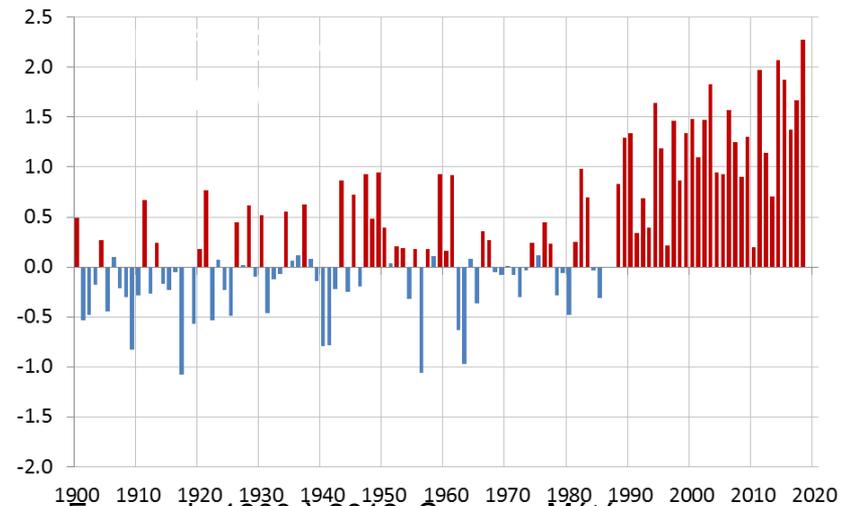
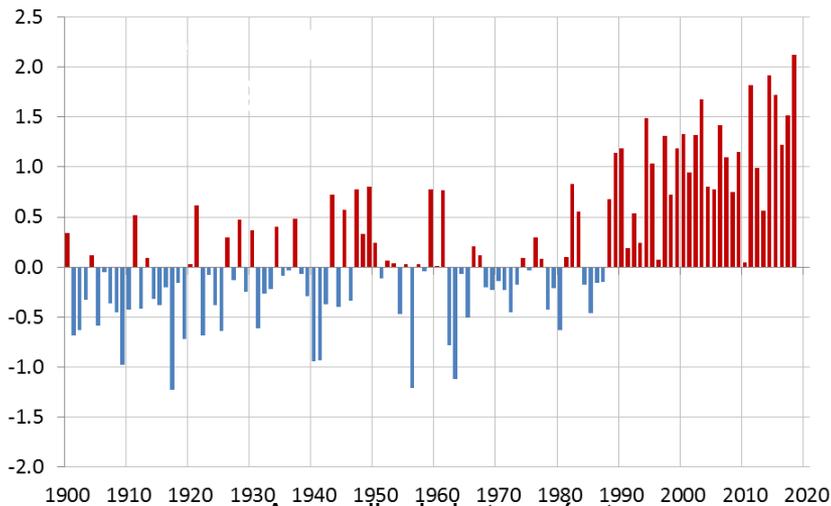
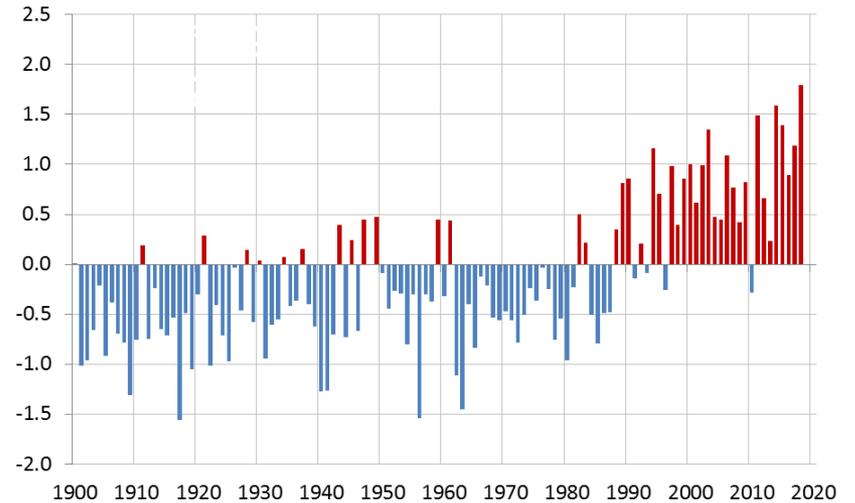
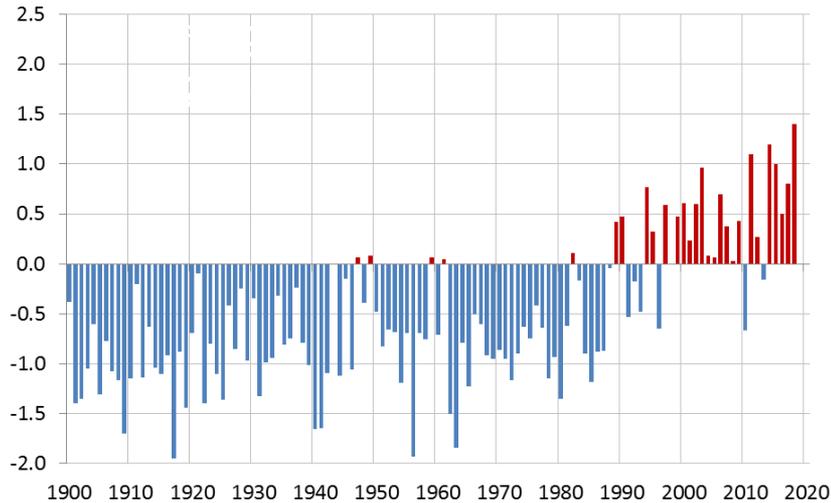
Normale 1961-1990
11,9°C

Température moyenne annuelle en France de 1900 à 2018. Source : Météo France.

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

changements climatiques – quels impacts ?

Selon la période de référence utilisée, l'**anomalie** varie.



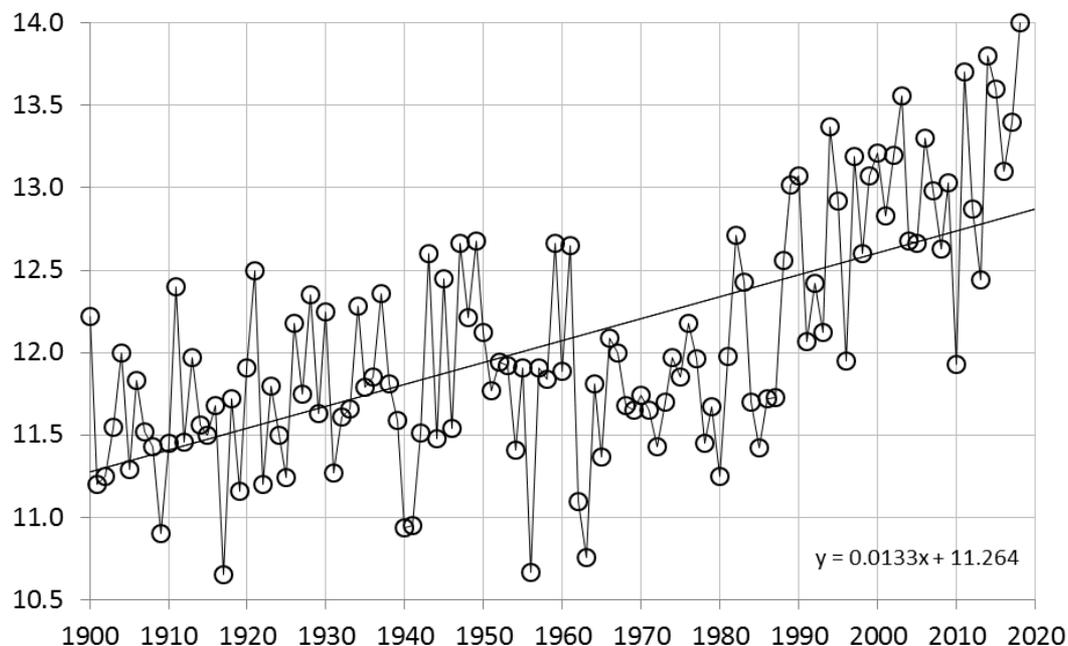
Anomalie de la température moyenne annuelle en France de 1900 à 2018. Source : Météo

France

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

changements climatiques – quels impacts ?

La **tendance** est l'évolution sur un pas de temps long des valeurs d'un paramètre atmosphérique.



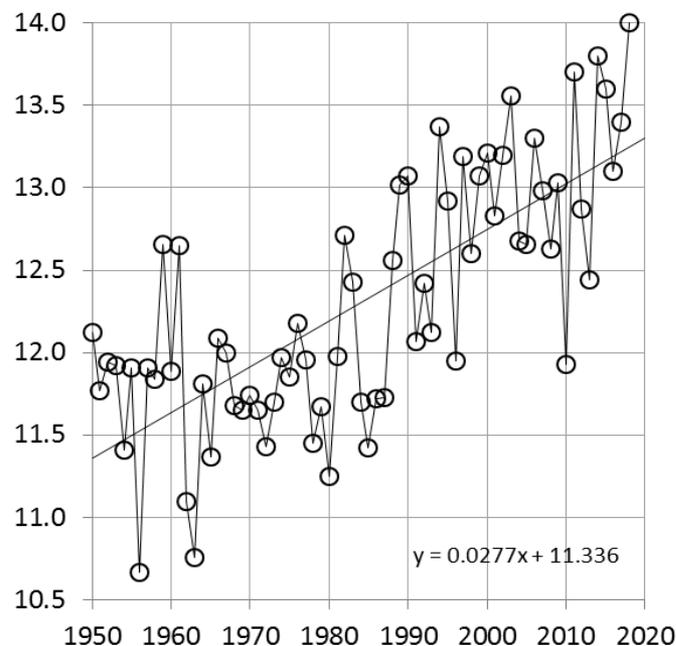
Sur la période 1900-2018, la température moyenne annuelle en France a évolué en tendance de 0,0133 °C par an, soit 1,33°C par siècle.

F. LEVRAULT – Résolia, 2019

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

changements climatiques – quels impacts ?

La **tendance** est l'évolution sur un pas de temps long des valeurs d'un paramètre atmosphérique.



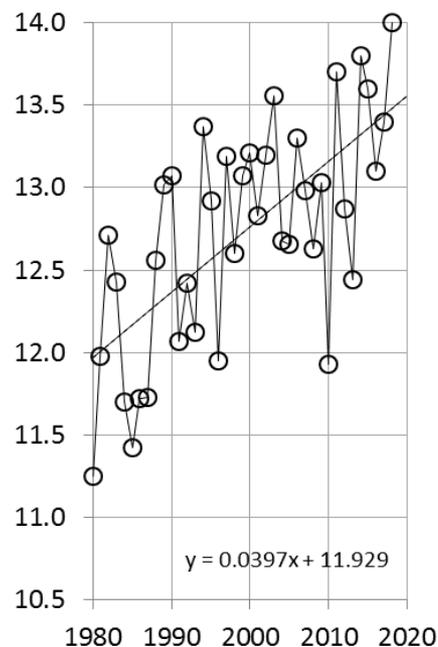
Sur la période 1950-2018, la température moyenne annuelle en France a évolué en tendance de 0,0277 °C par an, soit 2,77°C par siècle.

F. LEVRAULT – Résolia, 2019

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

changements climatiques – quels impacts ?

La **tendance** est l'évolution sur un pas de temps long des valeurs d'un paramètre atmosphérique.



Sur la période 1980-2018, la température moyenne annuelle en France a évolué en tendance de 0,0397 °C par an, soit 3,97°C par siècle.

F. LEVRAULT – Résolia, 2019

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

changements climatiques – quels impacts ?

La **variabilité interannuelle** résulte du fait que le climat a une **composante chaotique** (variabilité interne, éruptions volcaniques, activité solaire), de sorte que pour tout paramètre atmosphérique, des variations importantes peuvent se rencontrer d'une année sur l'autre.

Période 1981-2010

Maximum : 13,56

9^{ème} décile : 13,22

Médiane : 12,67

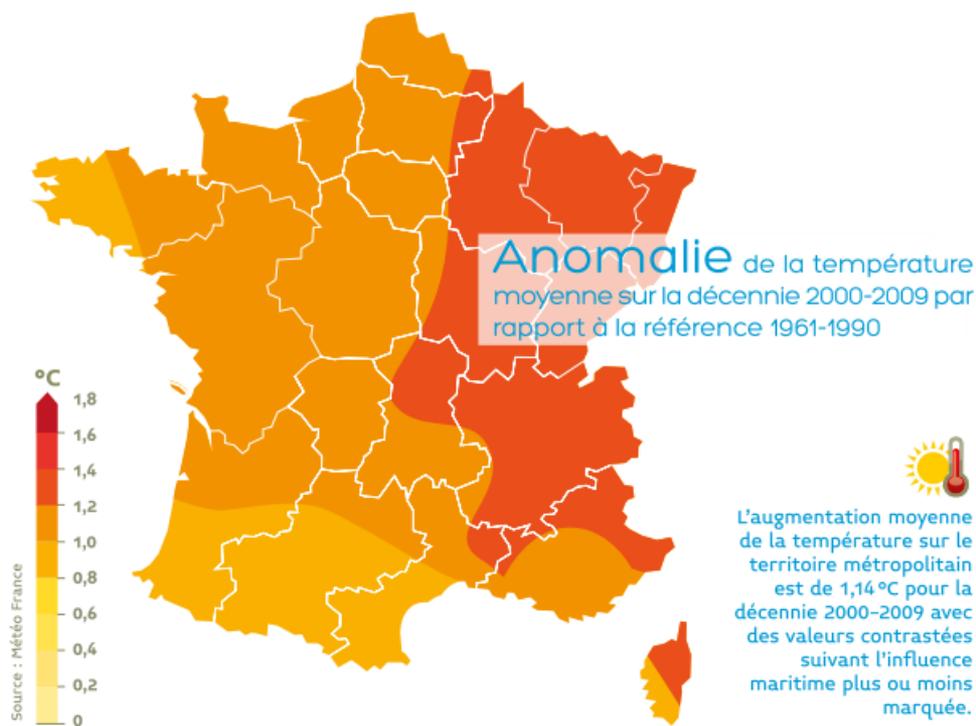
1^{er} décile : 11,73

Minimum : 11,42



La variabilité interannuelle peut être décrite au moyen de critères statistiques.

changements climatiques – quels impacts ?

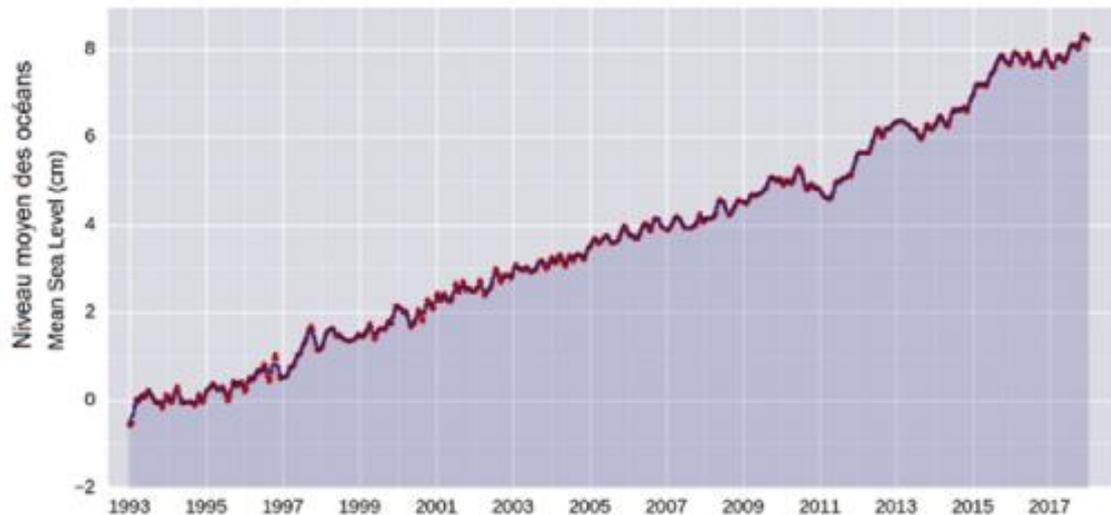


https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Brochure_impacts_en_France_PDF_WEB.pdf

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

changements climatiques – quels impacts ?

ÉVOLUTION DU NIVEAU MOYEN DES MERS DU GLOBE PAR RAPPORT À LA PÉRIODE DE RÉFÉRENCE 1900-1905



Note : date de dernière mesure : 16 janvier 2018 (+ 3,31 mm/an, référence GMSL, corrigée rebond).

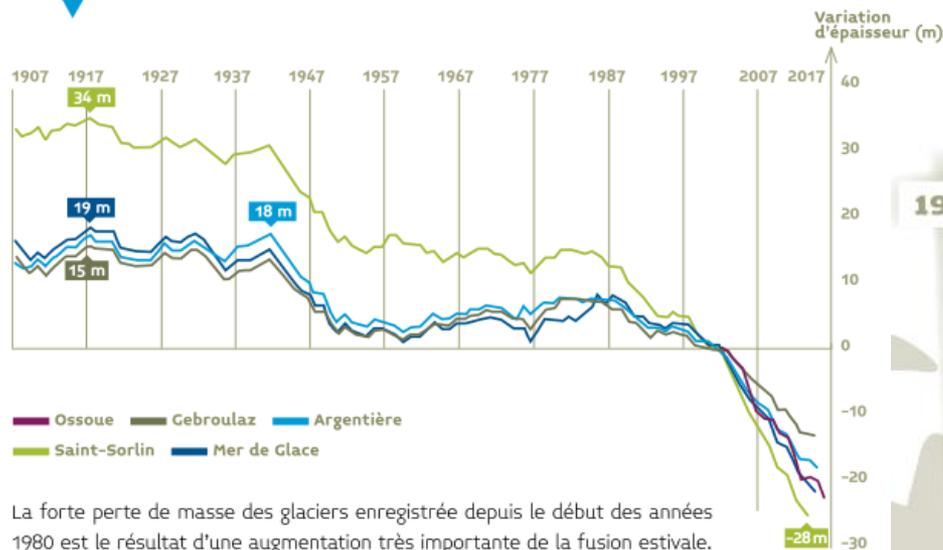
Sources : CNES ; LEGOS ; CLS

Chiffres clés du climat – France, Europe, Monde – CGDD- Edition 2019

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

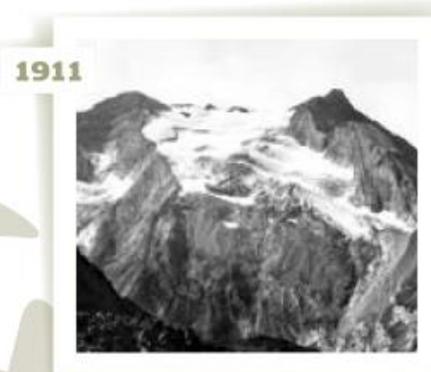
changements climatiques – quels impacts ?

Variation d'épaisseur des glaciers métropolitains (en m)



La forte perte de masse des glaciers enregistrée depuis le début des années 1980 est le résultat d'une augmentation très importante de la fusion estivale. Elle s'est accentuée depuis 2003.

Crédits : MTE/SDES — Onerc



Depuis 1911, le glacier d'Ossoue s'est raccourci de 540 mètres. En 100 ans, sa superficie est passée d'environ 110 à 45 hectares, soit une perte de surface de 59%. Au cours des dix dernières années, le glacier d'Ossoue a perdu l'équivalent de 15,8 mètres d'épaisseur sur l'ensemble de sa surface.

https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Brochure_impacts_en_France_PDF_WEB.pdf
<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-montagne-et-glaciers>

Glacier du Rhône, 1860



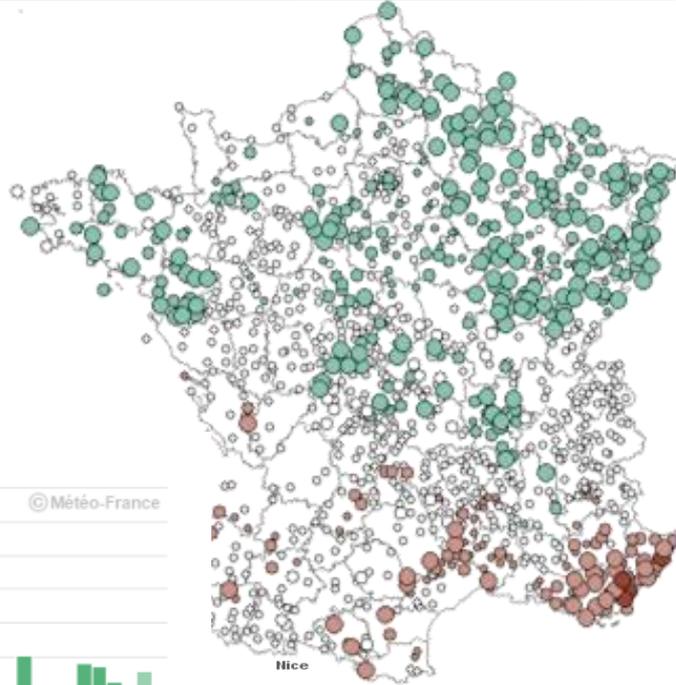
1970



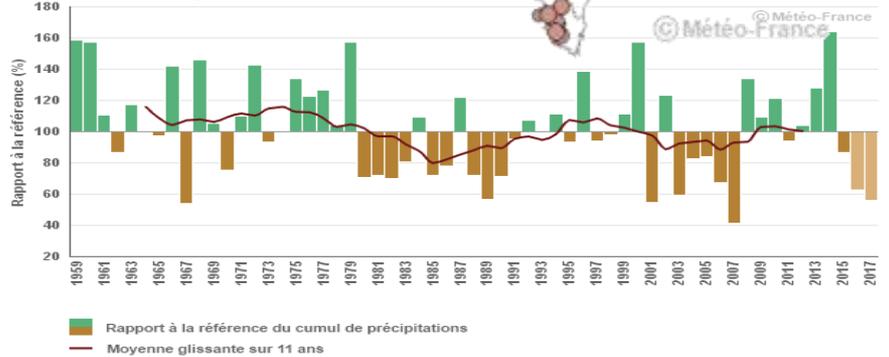
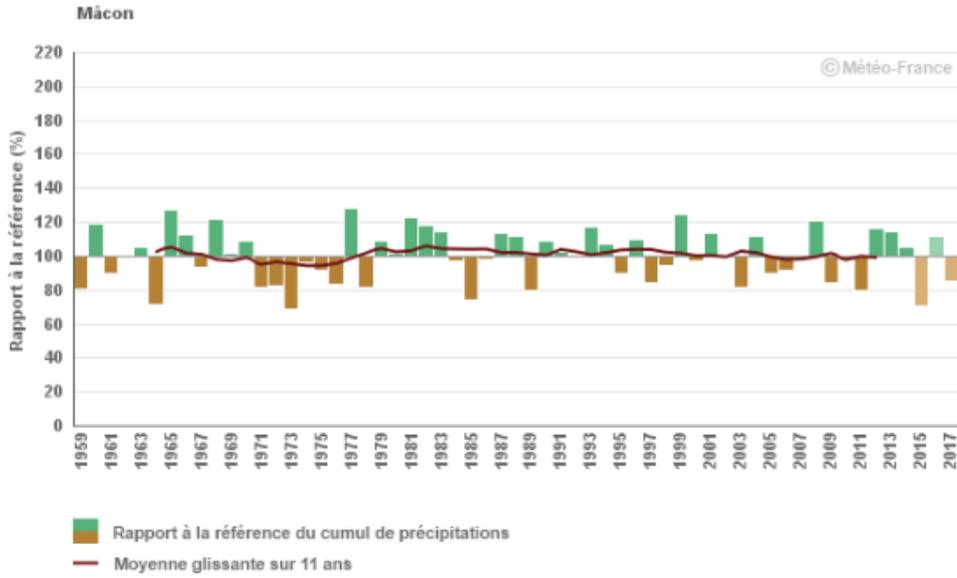
2050



changements climatiques – quels impacts ?



- Couleur des symboles
- Augmentation
 - Augmentation faible
 - Pas d'évolution
 - Diminution faible
 - Diminution
- Taille des symboles
- Confiance élevée
 - Confiance modérée
 - Confiance faible



Evolution observée de 1959 à 2017 de l'anomalie du cumul annuel des précipitations à Mâcon et à Nice.
 Réf. : 1961-1990. Source : Météo France.

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel



changements climatiques – quels impacts ?

nature
climate change

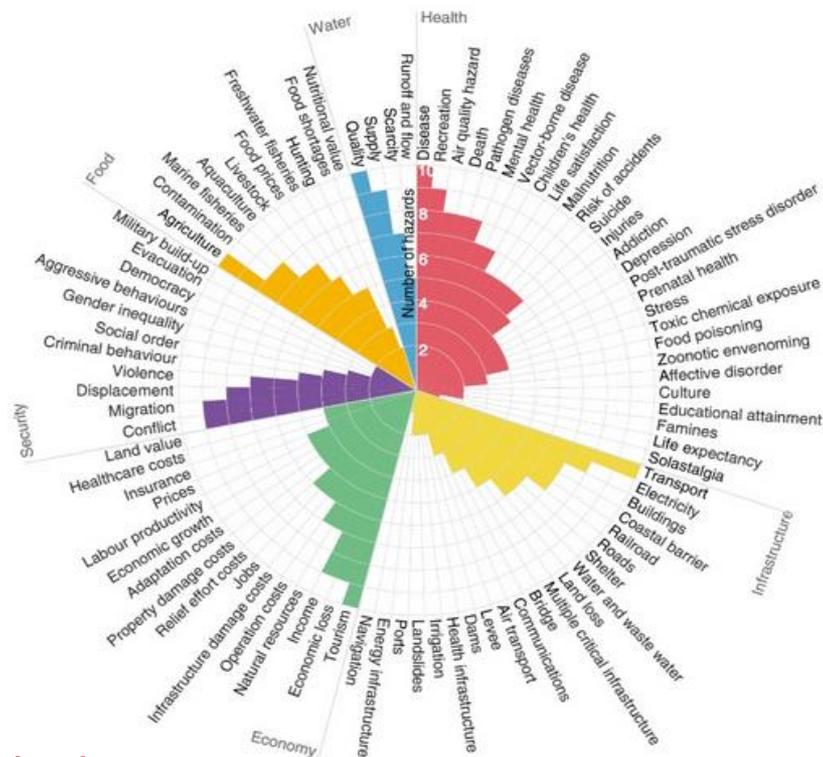
Broad threat to humanity from cumulative climate hazards intensified by greenhouse gas emissions

Article Novembre 2018

Compilation de 3 000 articles sur les liens passés entre augmentation des Gaz à Effet de Serre et leurs impacts

➔ 467 façons d'être touchés :

➔ Eau, santé, infrastructures, sécurités, incendies, qualité de l'air, inondations, rendements agricoles...



+ ! Boucles de rétroaction positives : pergélisol, glaces ...

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

Agriculture et changements climatiques

- 1. Changements Climatiques – Késako ?**
- 2. Changements Climatiques – Quels impacts**
- 3. Agriculture et GES**
- 4. CC – Evolutions pour l’agriculture**
- 5. CC – Quelles perspectives ?**

GES – quelle part pour l'agriculture



<https://agriculture.gouv.fr/infographie-le-secteur-des-terres-et-les-gaz-effet-de-serre-en-france>

GES – quelle part pour l’agriculture

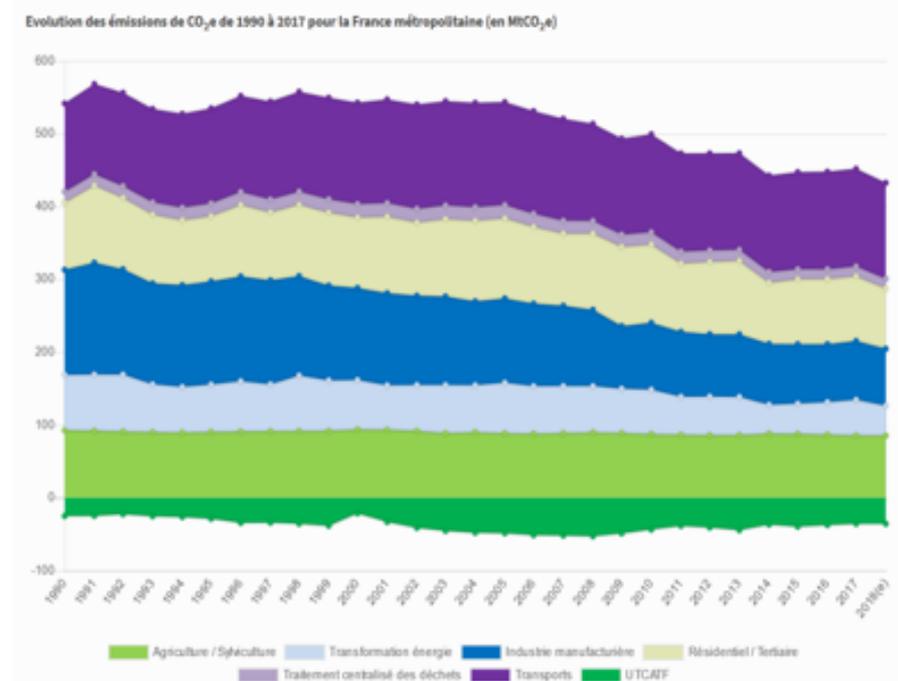
Quelques définitions

Inventaire national des émissions de GES = calcul des émissions réalisées par les activités conduites sur le territoire français.

464,6 Mt CO₂e ont été émis et 31,9 Mt CO₂e ont été absorbés par la France en 2017 (2).

Part de l’agriculture dans l’inventaire national (3) :

L’agriculture représente selon les chiffres du Citepa 85,49 Mt CO₂e soit 18,4 % des émissions territoriales.



UTCATF : Utilisation des Terres, Changements d’Affectation des Terres et Forêt, qui représente un puits de carbone
Source : Citepa (4)

2 : <https://www.citepa.org/fr/politique-ges/>

3 : <https://www.citepa.org/fr/secten/#download-secten>

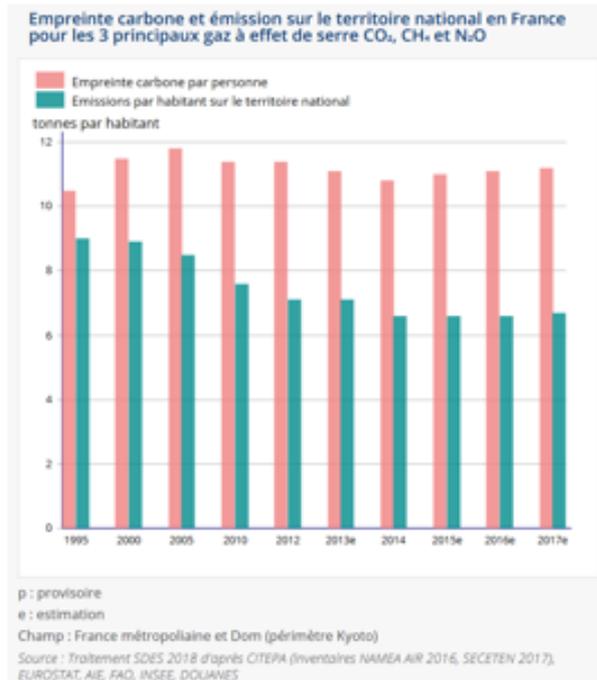
4 : <https://www.citepa.org/fr/2019-co2e/>

GES – quelle part pour l'agriculture

Quelques définitions - 2

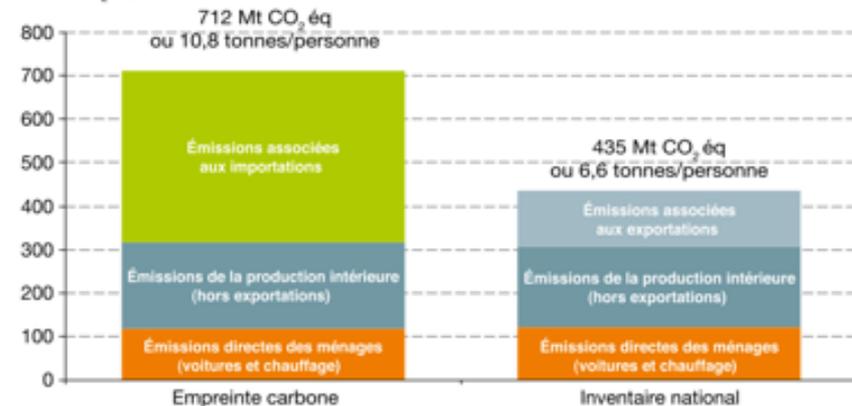
Empreinte Carbone : Dans l'empreinte carbone, on s'intéresse cette fois-ci aux émissions liées à la consommation nationale et l'on va donc ajouter à l'inventaire national les importations et retirer les exportations. La France important plus qu'elle n'exporte, l'empreinte carbone est plus élevée ; elle reflète mieux les émissions associées à nos pratiques.

Illustration de l'écart entre empreinte carbone et émissions territoriales (5 & 6)



COMPARAISON DE L'EMPREINTE CARBONE ET DE L'INVENTAIRE NATIONAL EN 2014

En Mt CO₂ éq



Note : l'empreinte et l'inventaire portent sur les trois principaux gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O).

Sources : Citepa ; AIE ; FAO ; Douanes ; Eurostat ; Insee. Traitements : SDES, 2018

5 : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3281683?sommaire=3281778#graphique-figure1>

6 : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2019-05/datalab-46-chiffres-cles-du-climat-edition-2019-novembre2018.pdf>

GES – quelle part pour l'agriculture

Part de l'agriculture dans l'empreinte carbone nationale :

Selon l'étude « empreinte énergétique et carbone de l'alimentation en France », parue en janvier 2019 (7) :

Empreinte carbone totale : 671 Mt CO₂e (2012)

Dont alimentation = 163 Mt CO₂e (soit 24%)

Dont agriculture = 108 Mt CO₂e (soit 16%)

- ⇒ L'agriculture représente 16 % de l'empreinte carbone nationale et 66 % de celle de l'alimentation,
- ⇒ Le poids des activités avales représentent 50 % du poids des activités agricoles

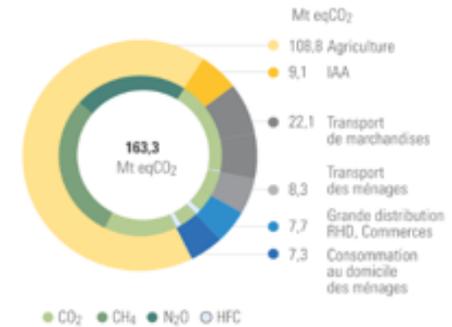
! cette analyse n'intègre pas le volet stockage de carbone des sols.

Part de l'élevage dans l'empreinte carbone nationale :

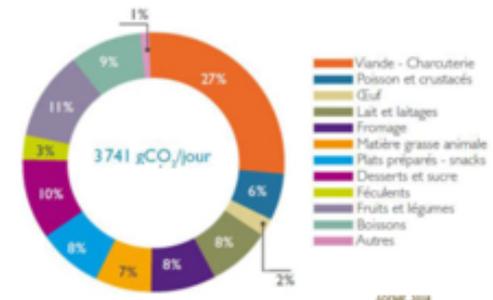
Les produits animaux (hors poisson) représentant 52 % de l'empreinte carbone de l'alimentation,

Soit 8 % de l'empreinte carbone totale.

Figure 25. Bilan carbone par secteur



Part des différents aliments dans l'empreinte carbone de notre alimentation



7 : https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20iddri/Rapport/Empreinte-Carbone_Alimentation_France_VF.pdf

GES – quelle part pour l'agriculture

Le stockage du carbone dans les prairies :

Le stockage (ou déstockage) nommé dans les analyses UTCATF, est rarement pris en compte dans les chiffres publiés.

Or ce stockage carbone, également qualifié de puits carbone, permet de compenser une partie des émissions du secteur agricole.

Le programme Beef Carbon a permis de définir que le stockage représente en moyenne 37 % des émissions dans les exploitations diagnostiquées sur le bassin charolais.

➔ La part de l'élevage dans l'empreinte carbone est donc 5 à 8 % en prenant en compte le stockage.

GES – quelle part pour l'agriculture

En France, Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) 2015



PRODUCTION D'ÉNERGIE

OBJECTIFS de RÉDUCTION des ÉMISSIONS de G
PAR RAPPORT À 2015

2030 : - 36 %

2050 : **décarbonation complète**



BÂTIMENT

OBJECTIFS de R
PAR RAPPORT /

2030 : - 53 %

2050 : **décarb**



TRANSPOR

OBJECTIFS de RÉD
PAR RAPPORT À 2

2030 : - 31 %

2050 : **décarbon**
(à l'exception d
domestique).



INDUSTRIE

OBJECTIFS de RÉD
PAR RAPPORT À 2

2030 : - 35 %

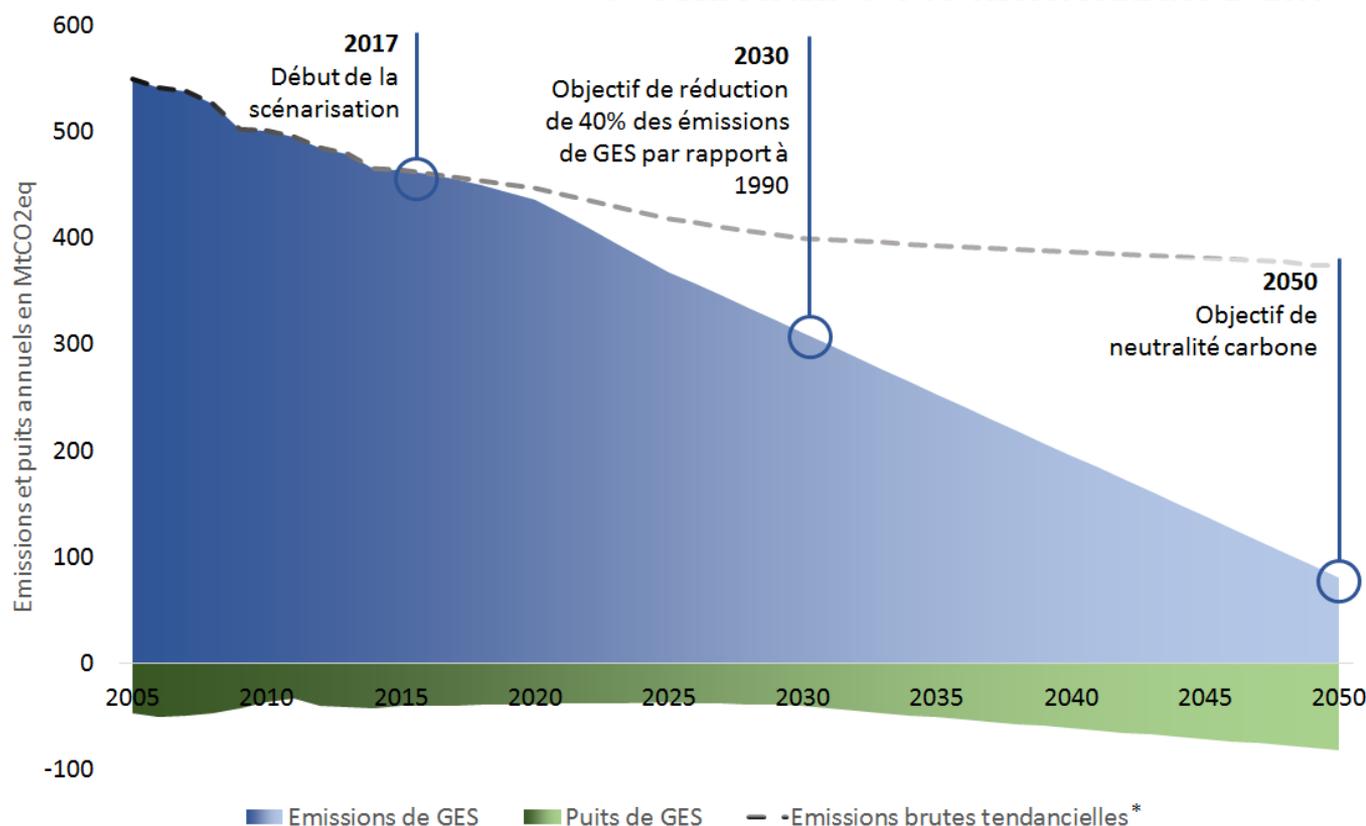
2050 : - 81 %



AGRICULTURE

OBJECTIFS de RÉDUCTION

DES ÉMISSIONS DE GES PAR RAPPORT À 2015



GES – quelle part pour l’agriculture

En France, Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) 2015

**SNBC : une stratégie en cours de révision,
(mise en consultation jusqu’au 19 février)**

https://www.novethic.fr/actualite/environnement/climat/isr-rse/feuille-de-route-climat-reculer-pour-mieux-sauter-148124.html?fbclid=IwAR1OCw5vznhN-xSVI0HfEg_XcQRsipqf5-qilTrt40jEI-WHwuvjYWMVADk

1^{er} budget 2015 – 2018 : objectif = 442, atteint =457,6

Figure 4 - trois prochains budgets carbone de la stratégie révisée

Émissions annuelles moyennes (en Mt CO ₂ eq)	Années de référence			2 ^{ème} budget carbone	3 ^{ème} budget carbone	4 ^{ème} budget carbone
	Période	1990	2005	2015	2019 -2023	2024 -2028
Total (hors secteur des terres)	546	553	458	422	359	300
Total (avec secteur des terres)	521	505	417	383	320	258
<i>Budgets carbone adoptés en 2015 (hors secteur des terres) – ajustés en 2019 (pour référence)</i>				398	357	

Les émissions des années de référence sont issues de l’inventaire CITEPA d’avril 2018 au format SECTEN

Atténuation – quelles solutions ?

Les solutions applicables et leur potentiel



10-15%
Gestion du troupeau
Élevage des génisses et santé du troupeau

2-4%
Alimentation du troupeau
Qualité des fourrages
Concentrés
Autonomie protéique-pâturage

2-8%
Stockage carbone
Type de prairies
Durée de vie des prairies temporaires
Rénovation des prairies
Implantation de haies
Agroforesteries
Implanter des prairies

3-4%
Conduite des cultures
Rendement-fertilisation

1-2%
Consommation d'énergie
Carburant-électricité

Pour réduire l'impact environnemental et améliorer les contributions positives de la production laitière

Le plan carbone de la production laitière : état et perspectives - Caen - 05/04/2018

Atténuation – quelles solutions ?

Méthode Carbon Agri

<https://france-carbon-agri.fr/methodologie-carbon-agri/>

Leviers de réduction des émissions de GES et d'augmentation du stockage de carbone	Indicateur de suivi correspondant	Moyens de justification	Bovin Lait	Bovin Viande	Cultures fourragères ou de vente	Potentiel de réduction
Gestion du troupeau						
Améliorer la conduite sanitaire (réduire la proportion de mammite, optimiser l'équipement de traite, réduire le nombre de boiteries,...)	Nombre de mammites, nombre de boiteries	Factures vétérinaires, cahier sanitaire, bilan contrôle laitier	x	x		2 à 4 %
Améliorer le logement des animaux, la ventilation des bâtiments,... pour optimiser la production par vache	litre de lait produit/VL/an, nombre de veaux/vache	Factures ; bilan contrôle laitier, CAP'2ER niveau 2	x	x		1 à 2 %
Optimiser l'âge au 1 ^{er} vêlage et la longévité des vaches	UGB génisses / UGB VL UGB génisses / UGB VA	EDE/SYNEL, CAP'2ER niveau 2	x	x		3 à 4 %
Améliorer les performances génétiques (potentiel de production, réduction du méthane entérique)	Litre lait/VL, kg viande/UGB	CAP'2ER niveau 2	x	x		2 à 3 %
Optimiser les effectifs de génisses de renouvellement (allonger la longévité des vaches, sexage,...)	UGB génisses/UGB vaches	EDE/SYNEL, CAP'2ER niveau 2	x	x		2 à 3 %
Alimentation du troupeau						
Augmentation de la qualité des fourrages (stade de récolte, stockage)	Tonne de fourrages	CAP'2ER niveau 2	x	x		1 à 2 %
Optimisation de la teneur en azote de la ration	kg MAT	CAP'2ER niveau 2	x			2 à 4 %
Optimiser la consommation de concentrés (en lien avec la valorisation de la ration ajustée aux besoins des animaux, la qualité des fourrages et le type de fourrages)	Kg de concentrés achetés et autoconsommés / kg de lait, kg de viande ou UGB	Factures et ration CAP'2ER niveau 2	x	x		1 à 2 %
Remplacement du tourteau de soja par du tourteau de colza	Kg soja et colza / kg de lait, kg de viande ou UGB	Factures et ration CAP'2ER niveau 2	x	x		3 à 7 %
Augmentation de l'autonomie protéique	% d'autonomie	CAP'2ER niveau 2	x	x		2 à 3 %
Ajout de lipides dans la ration	Taux de lipide dans la ration	CAP'2ER niveau 2	x	x		3 à 6 %
Gestion des déjections animales						
Augmenter la durée de pâturage	Nombre de jours de pâturage	CAP'2ER niveau 2	x	x		1 à 2 %
Augmentation de la fréquence de raclage des déjections	Nombre de raclages	CAP'2ER niveau 2	x	x		<1 %
Améliorer les modes d'épandage des déjections (pendillards, enfouisseurs)	Type d'équipement	Factures, CAP'2ER niveau 2	x	x		1 à 2 %
Couverture de fosse de stockage des effluents	Présence d'une couverture de fosse	Factures, CAP'2ER niveau 2	x	x		2 à 3 %
Méthanisation des déjections animales	Présence d'une unité de méthanisation	Factures, CAP'2ER niveau 2	x	x		4 à 5 %

Atténuation – quelles solutions ?

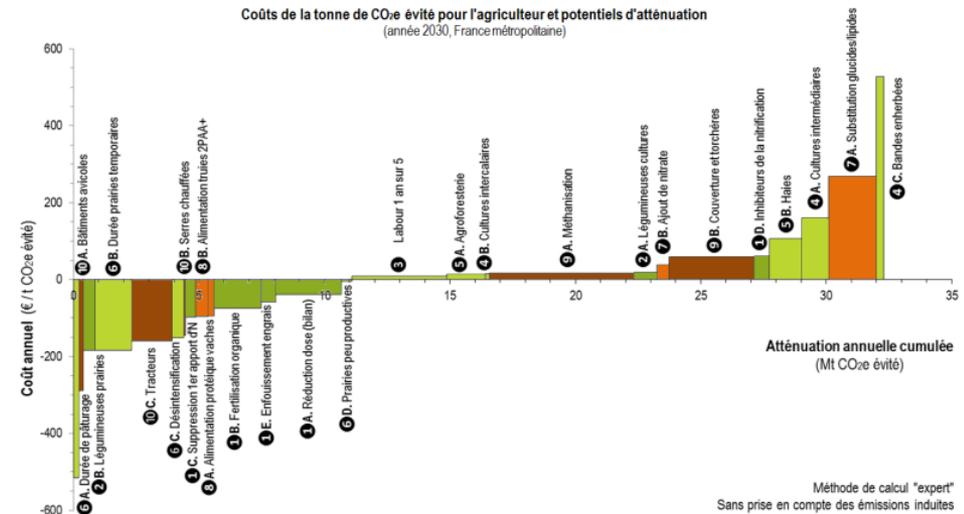
CARBON AGRI - Version du 9 septembre 2019

Compostage des déjections	Mise en place du compostage	Factures, CAP'2ER niveau 2	x	x		<1 %
Consommation d'engrais						
Optimiser la fertilisation pour réduire l'usage des engrais minéraux N, P, K	Kg N, P, K	Factures, plan de fertilisation, CAP'2ER niveau 2			x	1 à 5 %
Implantation de légumineuses en mélange ou en cultures pures	Kg de semences de légumineuses, kg N	Factures, CAP'2ER niveau 2			x	2 à 5 %
Consommation d'énergie						
Réduire les consommations d'électricité du bloc traite (pré-refroidisseur de lait, récupérateur de chaleur, ventilation du bloc traite,...)	kWh	Facture électricité, CAP'2ER niveau 2	x			<1 %
Réduire la consommation de carburant (ajustement de la puissance à l'outil, conduite économe, passage des tracteurs au banc d'essai,...)	L fioul	facture fournisseur, CAP'2ER niveau 2	x	x	x	1 à 2 %
Gestion des surfaces cultivées						
Planter des cultures intermédiaires	Surfaces en CIPAN ou CIFOU (PAC) /ha SAU	PAC, CAP'2ER niveau 2			x	1 à 2 %
Planter des prairies temporaires ou permanentes sur l'exploitation	Ha prairies temporaires et prairies permanentes	PAC, CAP'2ER niveau 2			x	2 à 3 %
Allonger la durée des prairies temporaires	Durée des prairies temporaires	CAP'2ER niveau 2			x	1 à 2 %
Optimiser les rotations culturales	Ha	CAP'2ER niveau 2			x	1 à 2 %
Gestion des infrastructures agro écologiques						
Planter des haies sur l'exploitation	ml de haies	PAC, factures, CAP'2ER niveau 2			x	2 à 3 %
Améliorer la gestion des haies	Nombre et modalités des tailles	factures, CAP'2ER niveau 2			x	1 à 2 %
Développement de l'agroforesterie (introduction d'arbres dans les parcelles de prairies ou surfaces cultivées)	Ha en agroforesterie				x	2 à 3 %

Tableau 2: Liste des principaux leviers de réduction des émissions et augmentation de la séquestration et indicateurs de suivi associés

Atténuation – quelles solutions ?

Actions et sous-actions	Effet(s)
Diminuer les apports de fertilisants minéraux azotés pour réduire les émissions de N₂O associées	
1 Réduire le recours aux engrais minéraux de synthèse, en les utilisant mieux et en valorisant plus les ressources organiques : 1A. Ajuster la dose d'engrais à des objectifs de rendement plus réalistes - 1B. Améliorer la valorisation des apports organiques - 1C. Ajuster les dates d'apport aux besoins des cultures - 1D. Ajouter un inhibiteur de nitrification - 1E. Enfouir l'engrais	↘ N ₂ O
2 Augmenter la part des légumineuses pour réduire le recours aux engrais azotés de synthèse : 2A. Introduire plus de légumineuses à graines dans les grandes cultures - 2B. Augmenter les légumineuses dans les prairies temporaires	↘ N ₂ O
Stocker du carbone dans le sol et la biomasse	
3 Développer les techniques culturales sans labour pour stocker du C dans les sols : 3 options techniques : semis direct continu, labour occasionnel 1 an sur 5, travail superficiel	↘ CO ₂
4 Introduire davantage de cultures intermédiaires, de cultures intercalaires et de bandes enherbées dans les systèmes de culture : 4A. Développer les cultures intermédiaires dans les systèmes de grande culture - 4B. Développer des cultures intercalaires en vignes et en vergers - 4C. Introduire des bandes enherbées en bordure des cours d'eau	↘ CO ₂ ↘ N ₂ O
5 Développer l'agroforesterie pour favoriser le stockage de carbone dans le sol et la biomasse végétale : 5A. Développer l'agroforesterie à faible densité d'arbres - 5B. Développer les haies en périphérie des parcelles agricoles	↘ CO ₂
6 Optimiser la gestion des prairies pour favoriser le stockage de carbone : 6A. Allonger la durée de pâturage - 6B. Accroître la durée des prairies temporaires - 6C. Désintensifier les prairies permanentes et temporaires les plus intensives en ajustant mieux la fertilisation azotée - 6D. Intensifier modérément les prairies permanentes peu productives par augmentation du chargement	↘ CO ₂ ↘ N ₂ O
Modifier la ration des animaux pour réduire les émissions de CH₄ entérique et les émissions de N₂O liées aux effluents	
7 Substituer des glucides par des lipides insaturés et utiliser un additif dans les rations des ruminants pour réduire les émissions de CH ₄ entérique : 7A. Substituer des glucides par des lipides insaturés dans les rations - 7B. Ajouter un additif (nitrate) dans les rations	↘ CH ₄
8 Réduire les apports protéiques dans les rations animales pour limiter les teneurs en azote des effluents et les émissions de N ₂ O associées : 8A. Réduire la teneur en azote des rations des vaches laitières - 8B. Réduire la teneur en azote des rations des porcs	↘ N ₂ O
Valoriser les effluents pour produire de l'énergie et réduire la consommation d'énergie fossile pour réduire les émissions de CH₄ et de CO₂	
9 Développer la méthanisation et installer des torchères, pour réduire les émissions de CH ₄ liées au stockage des effluents d'élevage : 9A. Développer la méthanisation - 9B. Couvrir les fosses de stockage et installer des torchères	↘ CH ₄
10 Réduire, sur l'exploitation, la consommation d'énergie fossile des bâtiments et équipements agricoles pour limiter les émissions directes de CO ₂ : 10A. Pour le chauffage des bâtiments d'élevage - 10B. Pour le chauffage des serres - 10C. Pour les engins agricoles	↘ CO ₂



<https://www.ademe.fr/contribution-lagriculture-francaise-a-reduction-emissions-gaz-a-effet-serre>

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

Atténuation – quelles solutions ?

Choix du type d'engrais

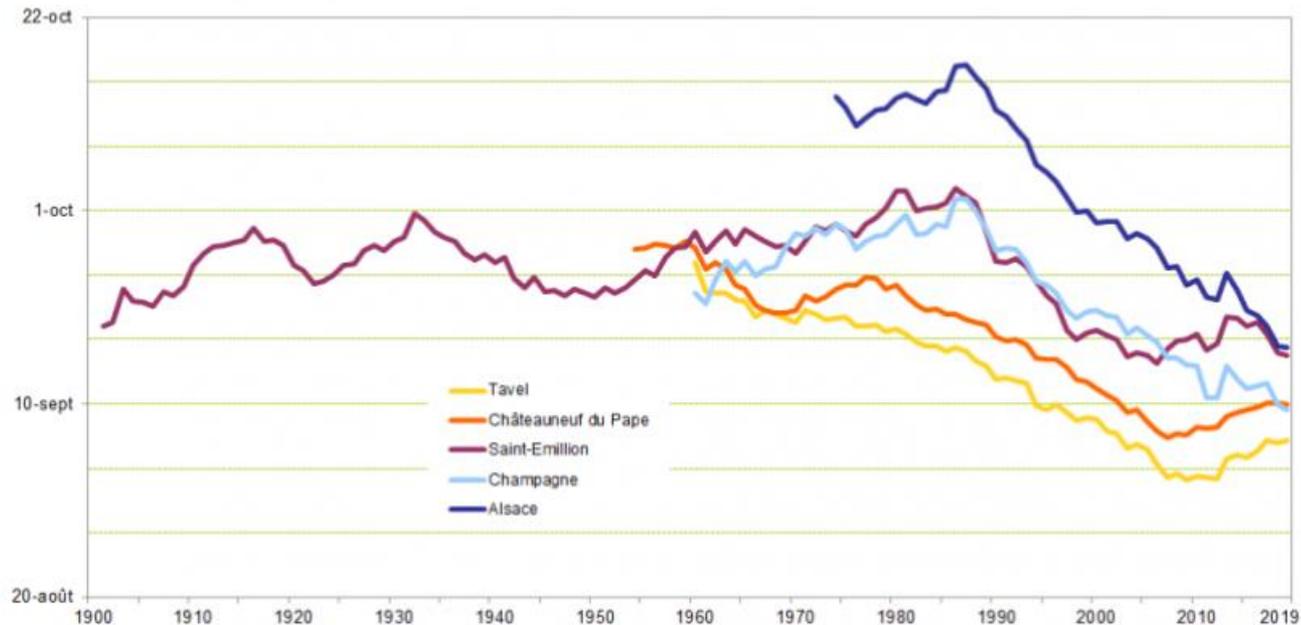
Type d'intrant	Unité d'élément nutritif	kgCO _{2e} /kg d'élément nutritif
Ammoniaque anhydre	kg N	2,97
Ammonitrate 33,5%		5,86
Ammonitrate calcaire 30% (CAN)		6,09
Solution azotée		5,01
Urée		3,69

Agriculture et changements climatiques

- 1. Changements Climatiques – Késako ?**
- 2. Changements Climatiques – Quels impacts**
- 3. Agriculture et GES**
- 4. CC – Evolutions pour l’agriculture**
- 5. CC – Quelles perspectives ?**

Evolutions en agriculture

Evolution de la date de vendange (moyenne décennale)
entre 1901 et 2019 pour un panel de vignobles français



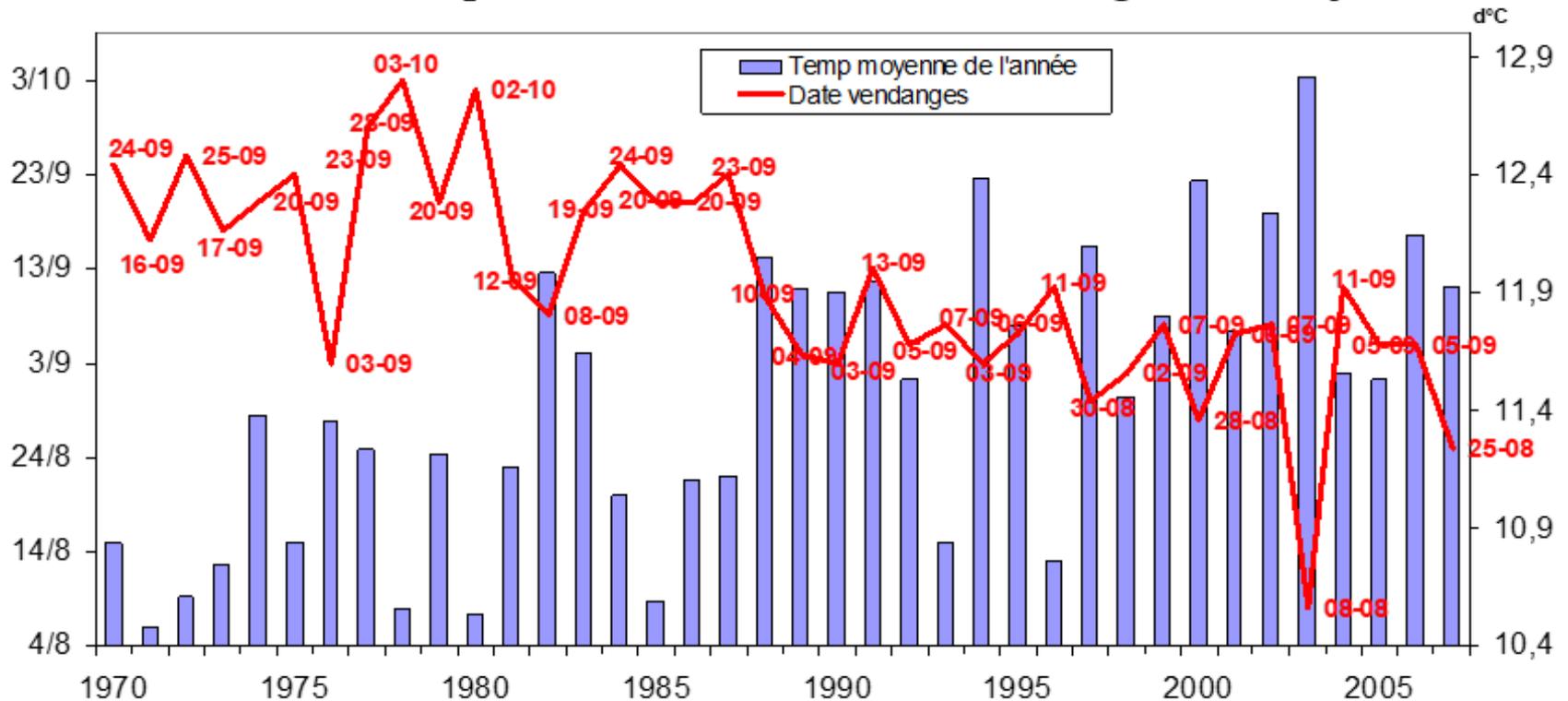
Crédits : Inter-Rhône - ENITA Bordeaux - INRA Colmar - Comité interprofessionnel du vin de Champagne

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-agriculture-et-foret>

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

Évolutions en agriculture

Évolution des températures et des dates de vendange en Beaujolais.

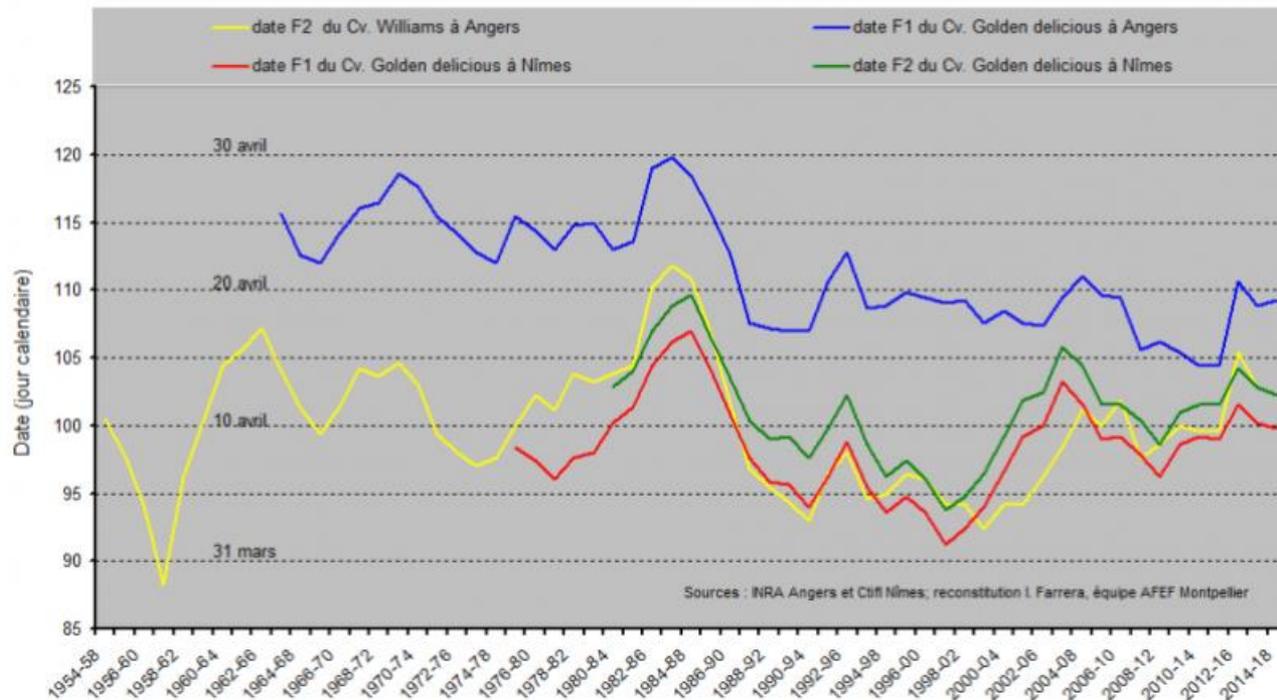


Source : pôle viticole, Chambre d'agriculture du Rhône

Evolutions en agriculture

Évolution de dates de stades phénologiques de la floraison du pommier et du poirier en France de 1954 à 2013

Figure 1- Evolution de dates de stades phénologiques de la floraison du pommier et du poirier en France (date F1: début de floraison; date F2: pleine floraison) exprimée en dates moyennes mobiles (5ans)

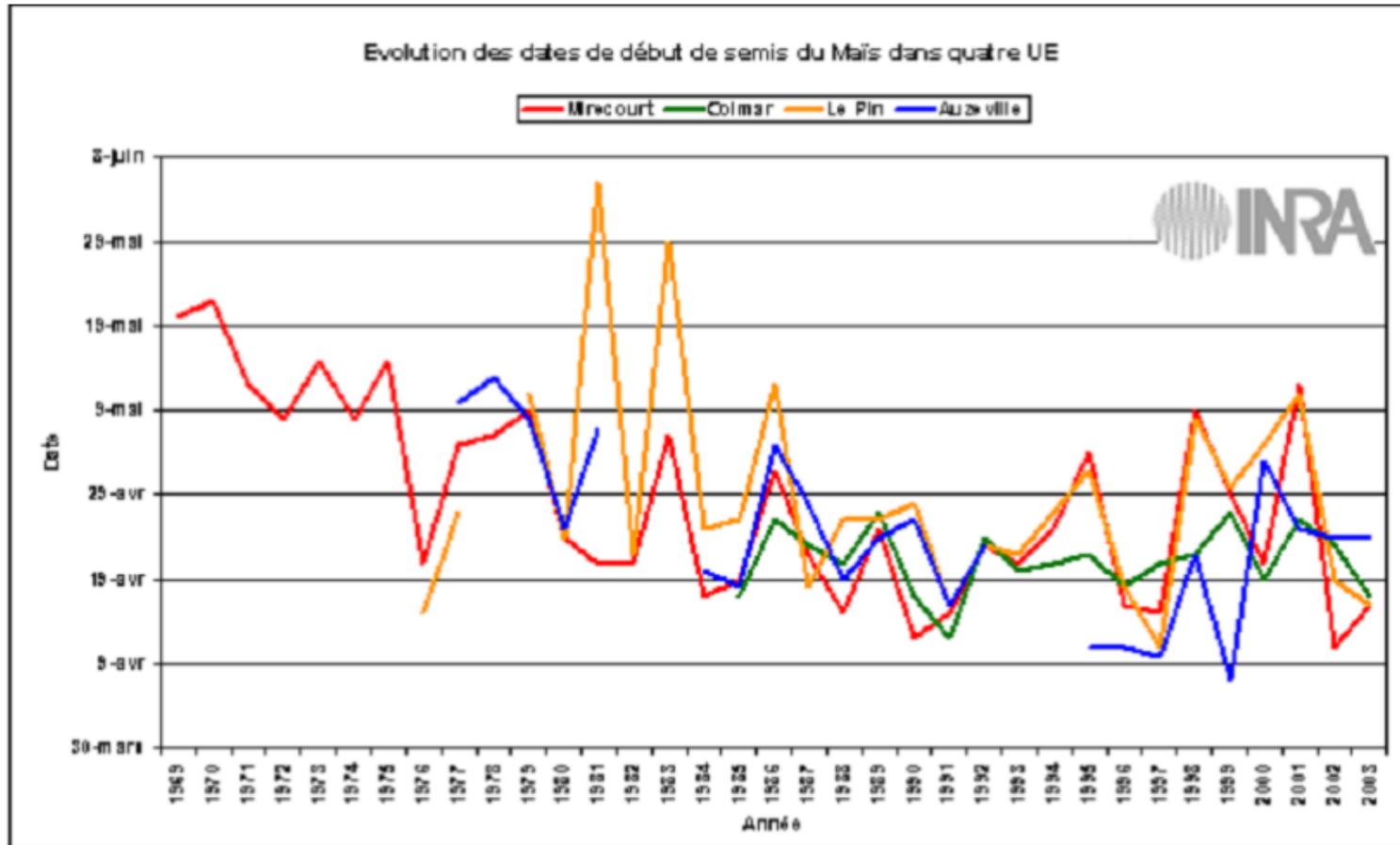


Crédits : Institut National de la Recherche Agronomique, Science et impact

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-agriculture-et-foret>

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

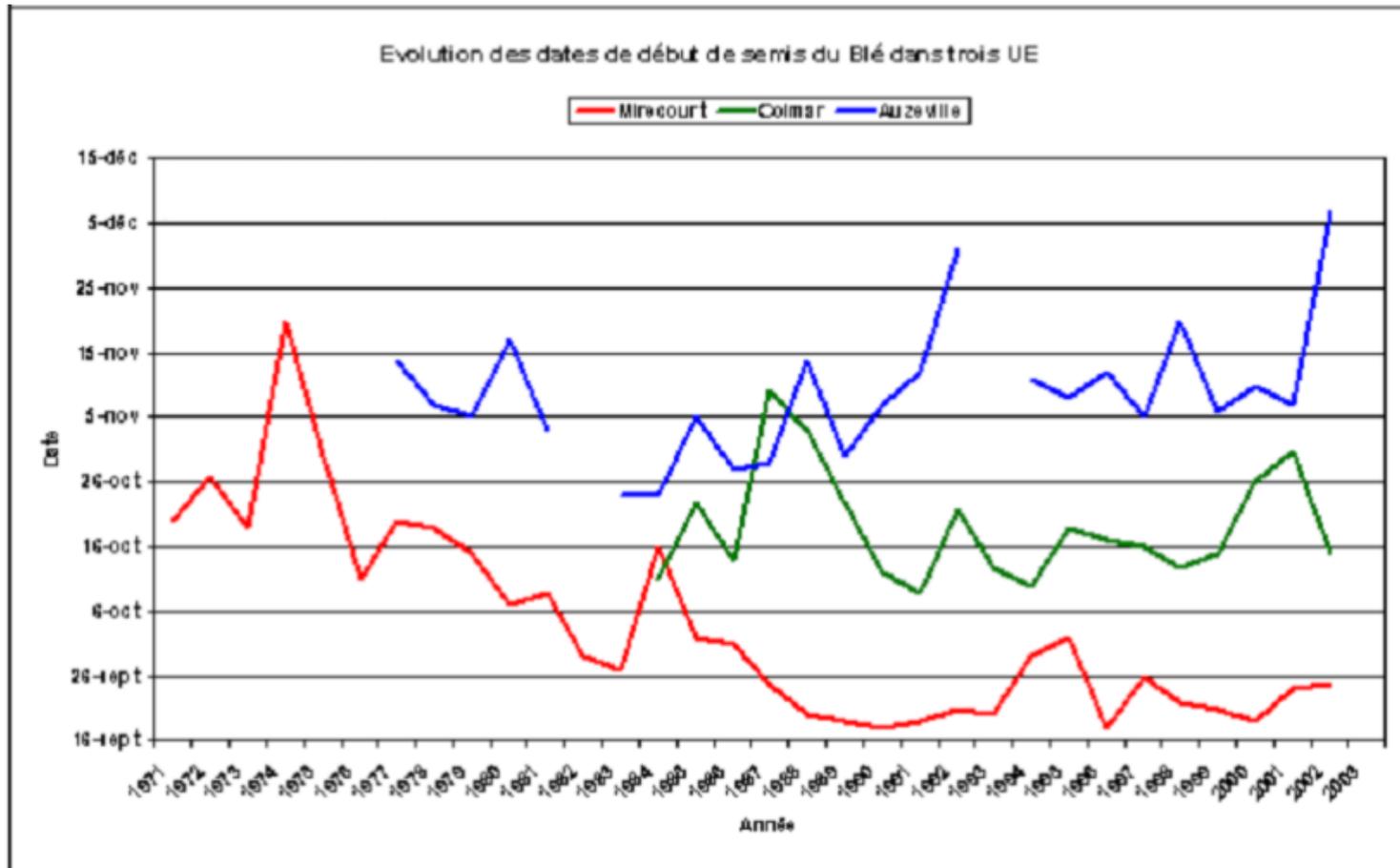
Evolutions en agriculture



<https://www.ecologique-solaire.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-agriculture-et-foret>

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

Evolutions en agriculture



Crédits : Institut National de la Recherche Agronomique

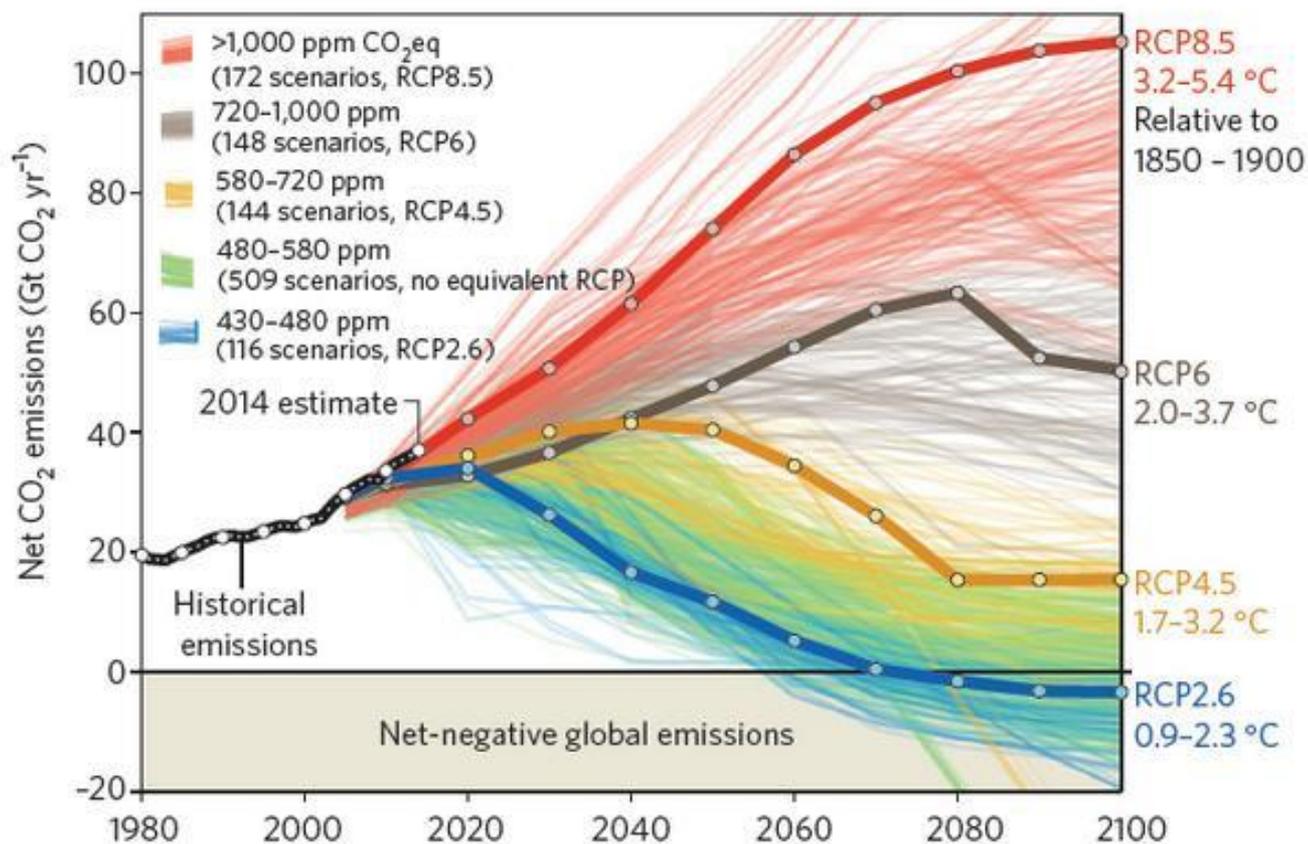
<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-agriculture-et-foret>

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel

Agriculture et changements climatiques

- 1. Changements Climatiques – Késako ?**
- 2. Changements Climatiques – Quels impacts**
- 3. Agriculture et GES**
- 4. CC – Evolutions pour l’agriculture**
- 5. CC – Quelles perspectives ?**

CC – quelles perspectives ?



Progression des émissions au rythme actuel

Plafonnement des émissions en 2080, baisse ensuite

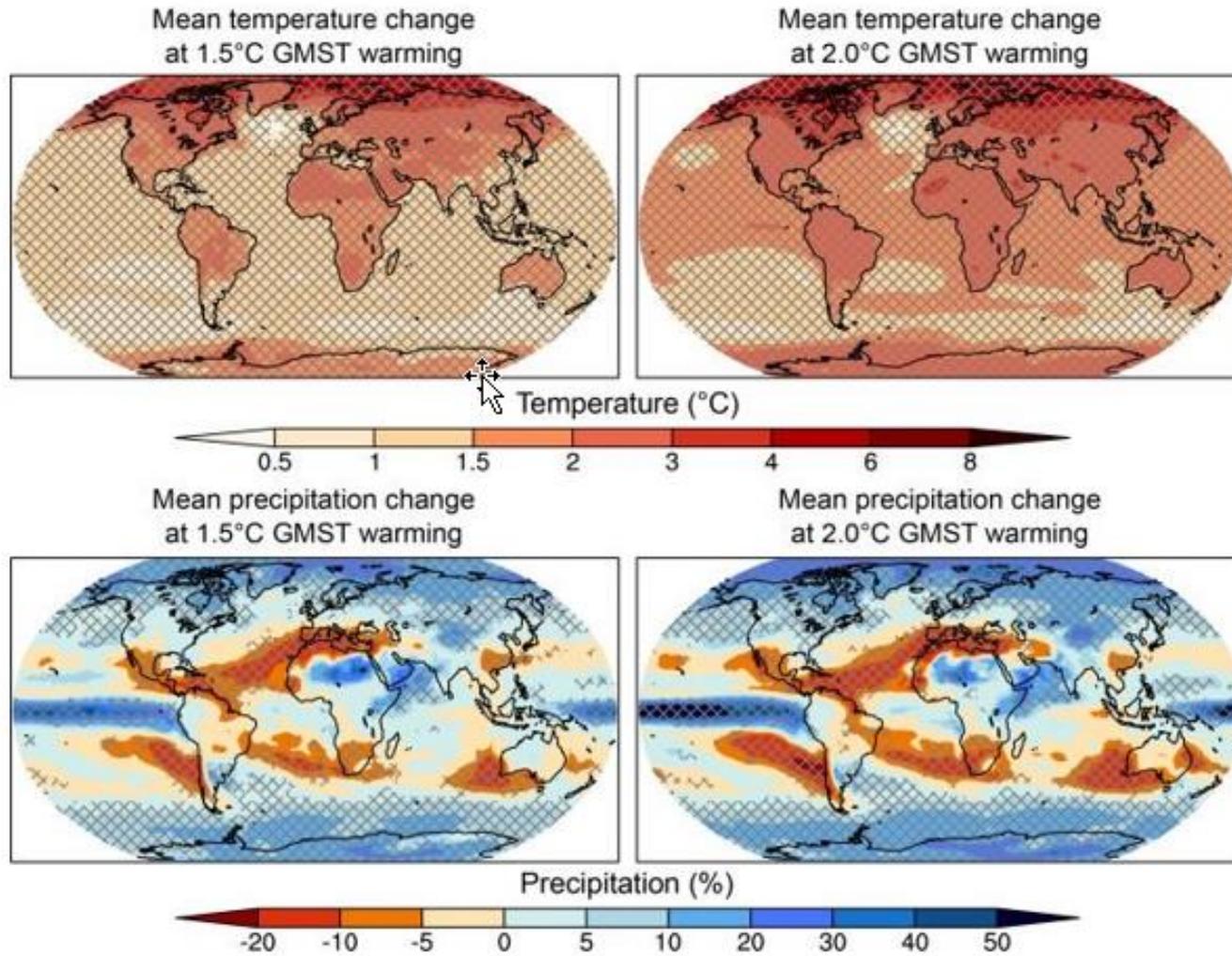
Plafonnement des émissions en 2040, ÷ 2 en 2075

Plafonnement des émissions en 2020, ÷ 4 en 2050, neutralité en 2070

Trajectoires d'émissions de CO₂ liées aux combustibles fossiles et à l'utilisation des sols, et évolutions correspondantes de température en 2100.

Source : GIEC, 2013.

CC – quelles perspectives ?



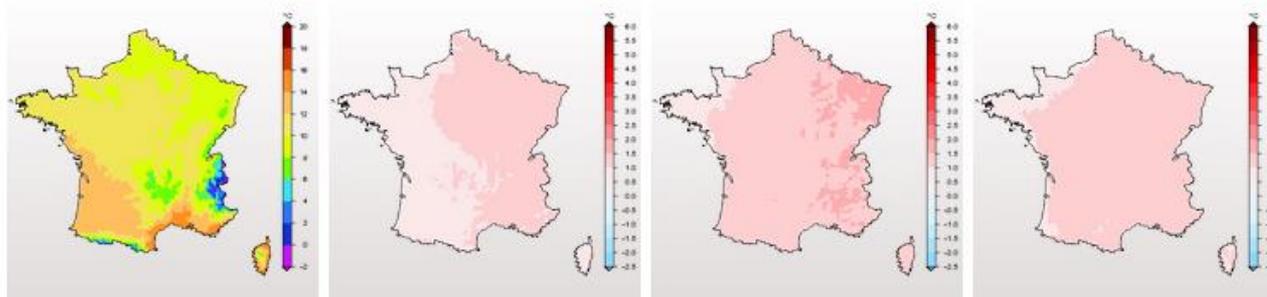
https://www.ipcc.ch/sr15/graphics/#cid_541

CC – quelles perspectives ? Températures

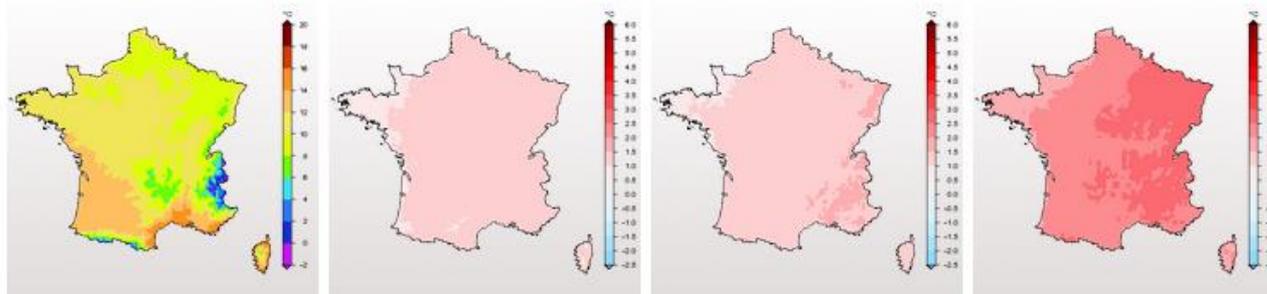
Moyenne annuelle

Scénarios d'émissions Référence (1976-2005) Horizon proche (2021-2050) Horizon moyen (2041-2070) Horizon lointain (2071-2100)

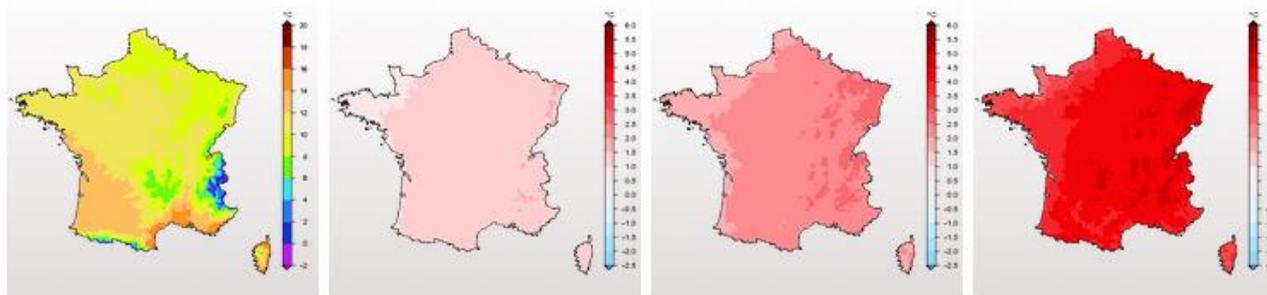
Scénario RCP2.6



Scénario RCP4.5



Scénario RCP8.5



Echelle +6°C à -2,5°C

CC – quelles perspectives ? pluviométrie

Moyenne annuelle

Scénarios d'émissions

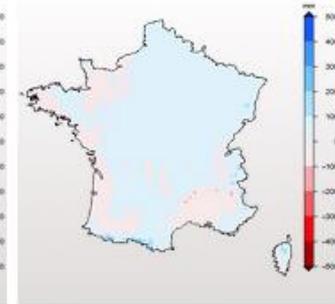
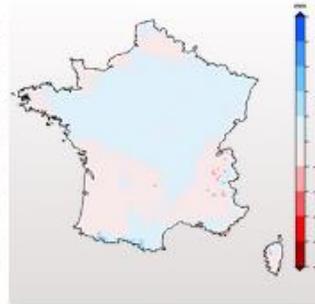
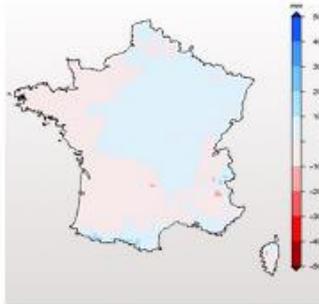
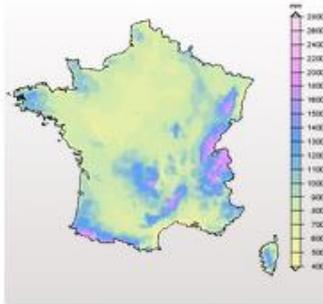
Référence (1976-2005)

Horizon proche (2021-2050)

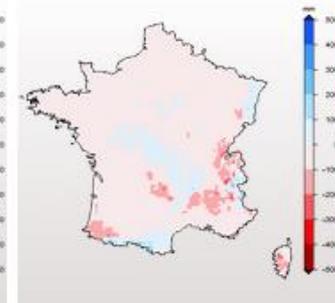
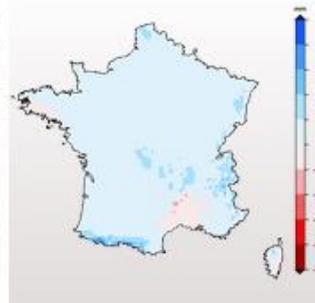
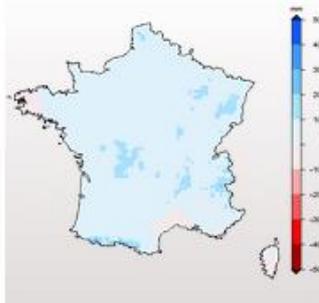
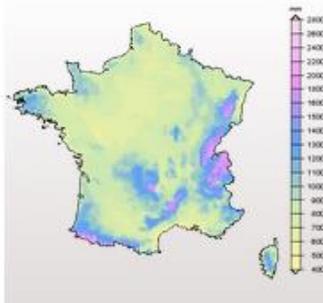
Horizon moyen (2041-2070)

Horizon lointain (2071-2100)

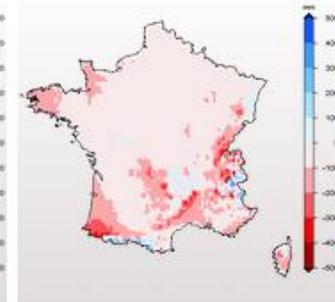
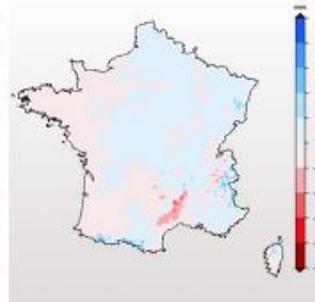
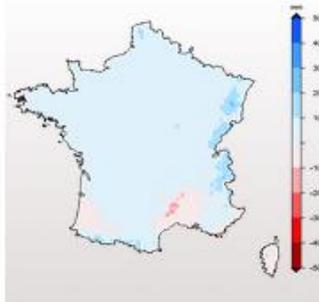
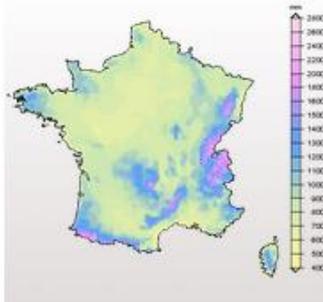
Scénario RCP2.6



Scénario RCP4.5



Scénario RCP8.5



Echelle +500 à -500

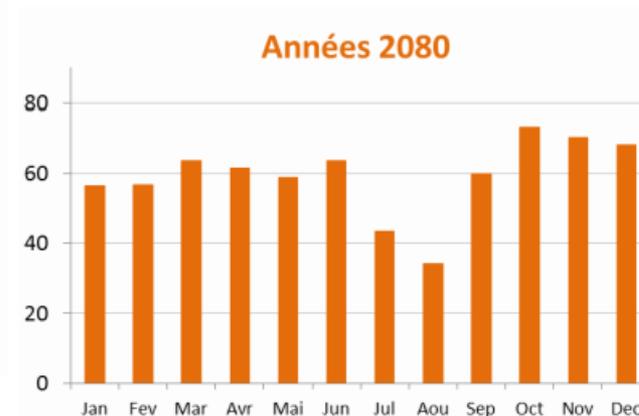
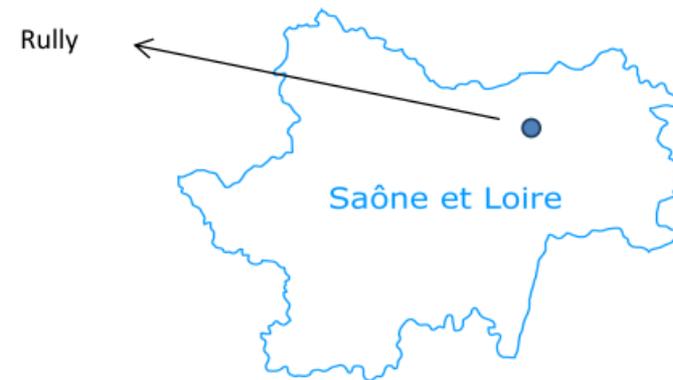
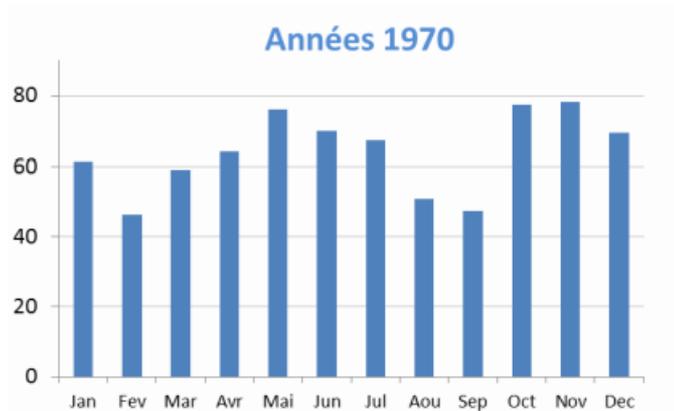
Agriculture et changements climatiques



**Changement climatique et
agriculture au XXIème siècle :**
quelques évolutions attendues
en **Saône-et-Loire.**

CC – quelles perspectives ? pluviométrie

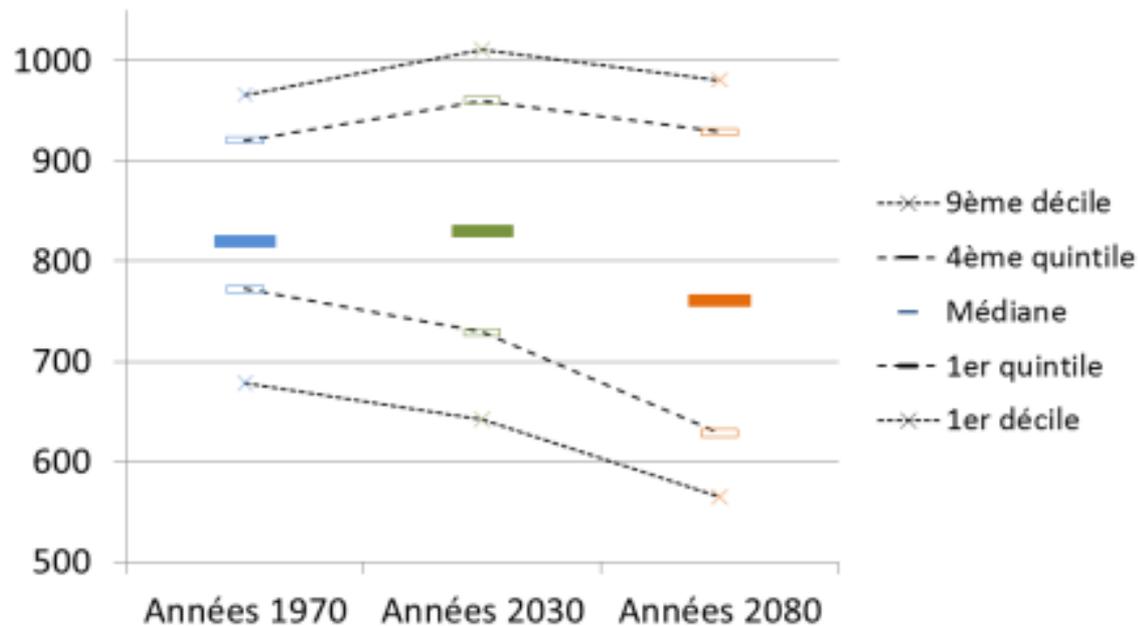
Cumul mensuel des précipitations



CC – quelles perspectives ? pluviométrie

Cumul annuel des précipitations

Rully

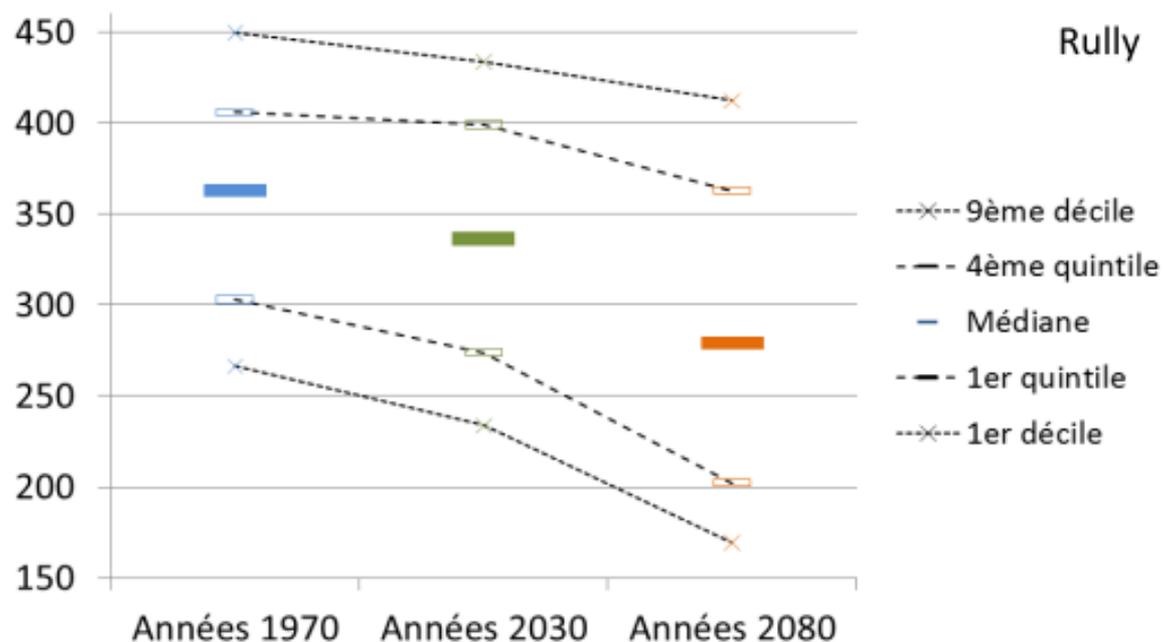


CC – quelles perspectives ?

Cumul des précipitations du 1^{er} Avril au 31 Août

Calcul de l'indicateur

Cumul, du 1^{er} Avril au 31 Août inclus, des précipitations journalières.

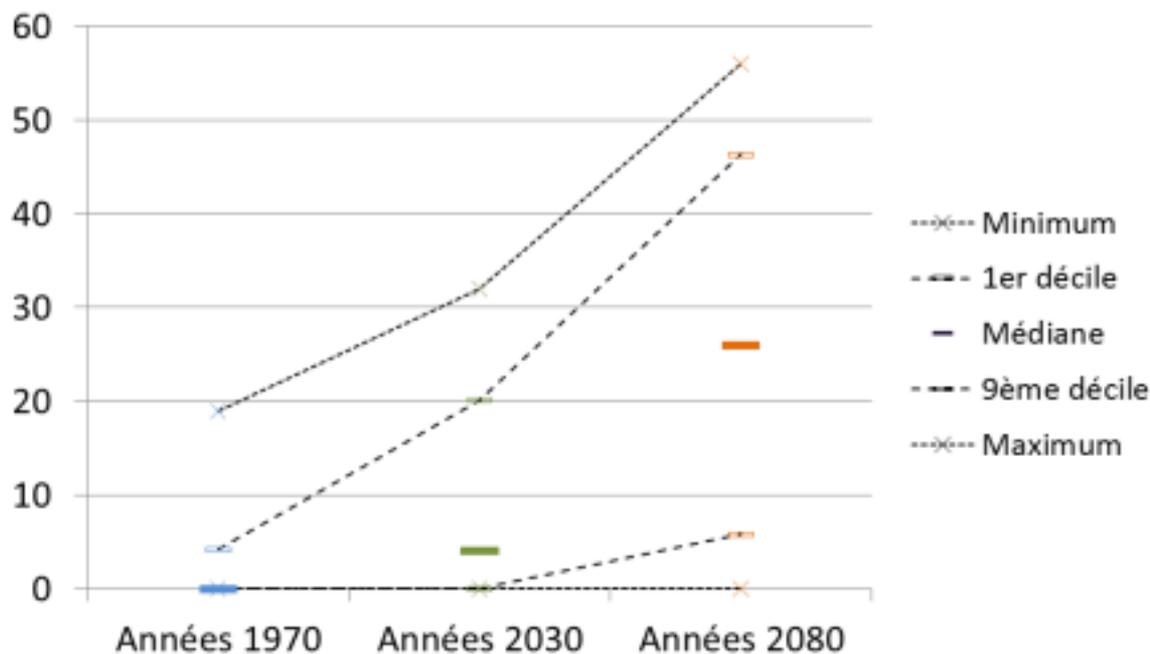


CC – quelles perspectives ?

Nombre de jours très chauds du 1^{er} Mai au 30 Septembre

Calcul de l'indicateur

Dénombrement, du 1^{er} Mai au 30 Septembre inclus, des jours présentant une température maximale journalière supérieure ou égale à 35°C.





**aGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
SAÔNE-ET-LOIRE

Comment adapter son système de production de grandes cultures et prairies en Saône-et-Loire

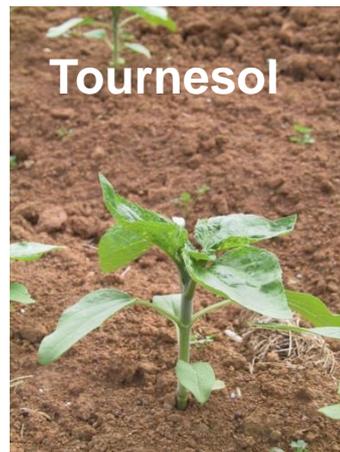
Antoine VILLARD

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel



Changement climatique

- Impact sur les cultures
- Adaptation 2020-2040



Impacts positifs de la teneur en CO₂ ?

↗ CO₂ → ↗ photosynthèse → ↗ rendement

↘ échanges gazeux
feuille-atmosphère



Si doublement teneur en CO₂

Plante en C4 (maïs, sorgho...)

+ 10 % photosynthèse → rendement + 5 %

Plante en C3 (blé, colza, tournesol, soja ...)

+ 30 % photosynthèse → rendement + 20 %

Impacts positifs de la teneur en CO₂ ?

...mais

↗ CO₂ → ↗ teneur en sucres

↘ taux de protéine

↘ teneur certains éléments minéraux

Bilan mitigé

tout n'est pas connu

car beaucoup d'interactions non linéaires :

CO₂, ozone, température moyenne et maxi, eau, azote...

Impacts variables de l'augmentation des températures

↘ Nombre du jour de gel

- 😊 cultures sensibles : colza, prairies semées tard
- ☹️ plus de gel de printemps si cultures trop précoces

↗ Risque échaudage

- ☹️ ↗ nombre de jours à plus de 25°C au remplissage

Impacts variables de l'augmentation des températures

↗ Déficit hydrique

↗ T° → ↗ évaporation + ↘ de pluies printemps et été

- Levées retardées et irrégulières
- Mauvais enracinement
 - couverture du sol retardée
 - carences précoces
 - sensibilité à la sécheresse en fin de cycle
- Réduction du feuillage et nombre de grains
- Senescence accélérée et mauvais remplissage

Mais favorable aux sols hydromorphes et profonds

Impacts variables de l'augmentation des températures

Cycles des cultures raccourcis

Anticipation des stades

= moins de risque échaudage ou déficit hydrique

Mais précocité = moins de potentiel

**Température de + 1°C =
déplacement des cultures
vers le nord de 180 km ou
de 150 m en altitude**

Impacts variables de l'augmentation des températures

Impact sur les bioagresseurs

**Beaucoup d'incertitudes - Effets antagonistes :
Température, pluie, CO₂, UV, concordance des cycles...**

- **Maladies : moins de pression (sauf exceptions)**
- **Ravageurs : beaucoup plus de pression**
 - **attaques plus précoces**
 - **plusieurs générations par an**
 - **remontées de certains insectes**
- **Adventices : avenir ???**
 - **plus de problèmes avec ambroisie, panics....**

Blé

- **Une implantation plus facile**
- **Moins de froid en hiver**
- **Un développement raccourci jusqu'à l'épiaison**
- **Une phase de remplissage pénalisée par les températures élevées et le sec**
- **Moins de maladies (sauf rouille jaune)**
- **Les sols hydromorphes favorisés**
- **Des difficultés de stockage**

Blé

- ▶ **Les sols profonds, peu pénalisés dans les 30 prochaines années (sols hydromorphes favorisés)**
- ▶ **Le sols superficiels, pénalisé par la sécheresse printanière → substitution par l'orge d'hiver**
- ▶ **Pas de modification des dates de semis**
- ▶ **Vers des variétés plus précoces, en privilégiant les variétés pas trop précoces en début montaison, mais précoces à épiaison.**

Colza

IMPLANTATIONS DIFFICILES



31 octobre 2016

D'après les modélisations :

« Le risque de manque d'eau du lit de semence à l'implantation va devenir un facteur limitant chronique à partir de 2020.

Après 2050, les implantations d'août à début septembre seront trop à risque. »

Colza

☹ **Encore plus d'insectes :**

Vols de grosses altises à l'automne et printemps

😊 **Moins de risque de gel en hiver**

Phase montaison–floraison raccourcie

😊 **Remplissage peu affectée**

**Rendement en hausse dans les sols
profonds et hydromorphes si implantation
réussie**

Mais

- Plante en C4
- Sensible au déficit hydrique
- Cycle piloté par la température

Simulation 2020-2040 / 1990-2010

Sans changement de pratique :

Cycle raccourci

- | | |
|------------------|------------|
| - floraison | - 7 jours |
| - stade ensilage | - 12 jours |
| - grain 32 % | - 19 jours |

**Rendements
en baisse
au sud de
Paris**

Maïs

Simulation 2020-2040 / 1990-2010

Si semis + précoce et variété plus tardive :

Le maïs est sensible au gel après le stade 5 feuilles.

Pour ne pas augmenter trop ce risque, les semis trop précoces (fin mars) devront toujours être évités au moins jusqu'en 2050.

Augmentation des rendements (sol à RU > 80 mm)

Récolte de maïs plus sec :

« Le séchage des grains, qui est indispensable actuellement 9 années sur 10 à Dijon, ne sera plus nécessaire dans le futur. »

Maïs

Simulation 2020-2040 / 1990-2010

Le maïs est sensible au gel après le stade 5 feuilles.
Pour ne pas augmenter trop ce risque, les semis trop précoces (fin mars) devront toujours être évités au moins jusqu'en 2050.

Si semis + précoce et variété plus tardive :

Augmentation des rendements (sol à RU > 80 mm)

Maïs : A retenir

Date de semis 2020

Optimum **10 au 20 avril** (Bresse, val de Saône et val de Loire)
(début des semis possible au **5 avril** sur sol réchauffé et terrains se réchauffant bien)

Précocités 2020

- G3 (½ précoce à ½ tardif) en val de Saône
- G2 (½ précoce) à G3 (½ précoce à ½ tardif) en Bresse

Proche avenir 2020-2040

- utilisation de variétés plus tardives en sol profond
G4 (½ tardif) à la place de G3 par exemple
- anticipation des semis (1 jour tous les 4 ans)

Maïs : A retenir

« Le séchage des grains, indispensable aujourd'hui 9 années sur 10 à Dijon, ne sera plus nécessaire dans le futur. »

Parcelles à potentiel plus limité (limons sableux)

- Semis précoce (avant 20 avril) d'une variété précoce G1
- Floraison fin juin
- Evitement stress hydrique
- Récolte en grain (15 % d'humidité) sans frais séchage

**A moyen terme : variétés plus tolérantes
aux stress hydriques et thermiques**

Sorgho

- Tolérante aux températures élevées
- Moins sensible au déficit hydrique / maïs
 - meilleur enracinement
 - feuillage moins exubérant

<i>Saône-et-Loire</i> <i>source : AGRESTE</i>	Sorgho grain	Maïs grain
Rendement moyen 2014-2018	78 q/ha	88 q/ha
Rendement moyen 2018	82 q/ha	83 q/ha
Rendement moyen 2019	77 q/ha	84 q/ha

Le sorgho peut remplacer uniquement le maïs à faible potentiel : 70 à 80 q ou 12 à 14 t de MS.



Sorgho

**Attention semis en sol réchauffé + 12°C
= semis après le 15 mai**

Limite de précocité pour la région

= choisir une variété précoce

**et adaptée aux besoins d'élevage pour l'ensilage
classements**

- ensilage
- double usage
- usage industriel

+ caractéristiques BMR, mâle stérile ou PPS

Tournesol

- Plante en C3
- Culture de printemps la moins sensible au déficit hydrique

A l'avenir 2020/2040

- Augmentation des rendements mais plus de variations interannuelles
- Cycle raccourci
 - mais trop tôt pour choisir des variétés plus précoces ou semer plus tôt
- Les sols hydromorphes plus favorables
- Une alternative au maïs en sol à RU moyenne



Soja

- Culture de printemps sensible au déficit hydrique
- Plante en C4
- Sensibilité à la sécheresse
 - Pas de phase critique comme le maïs
 - Phase sensible de floraison à grossissement du grain
 - Sensible à la canicule

Date de semis

précocification des semis comme le maïs

Semis à partir du 20 avril

Groupe de tardivité : précoce 00



Intercultures et dérobées

- Interculture plus longue
 - ↗ rendement si pluviométrie suffisante pour levée et croissance
 - ↗ échec d'implantation
- = Peu de travaux de modélisation 2020-2040**
- Etre réactif, s'adapter au climat de l'année
 - Choisir des mélanges (3 espèces ou plus)
 - = meilleure occupation de l'espace augmente et surtout régularise les rendements
 - Intérêt pour ↗ teneur en matière organique des sols

Prairies

Printemps Pousse plus précoce et plus importante

Été Un déficit de production toujours plus marqué

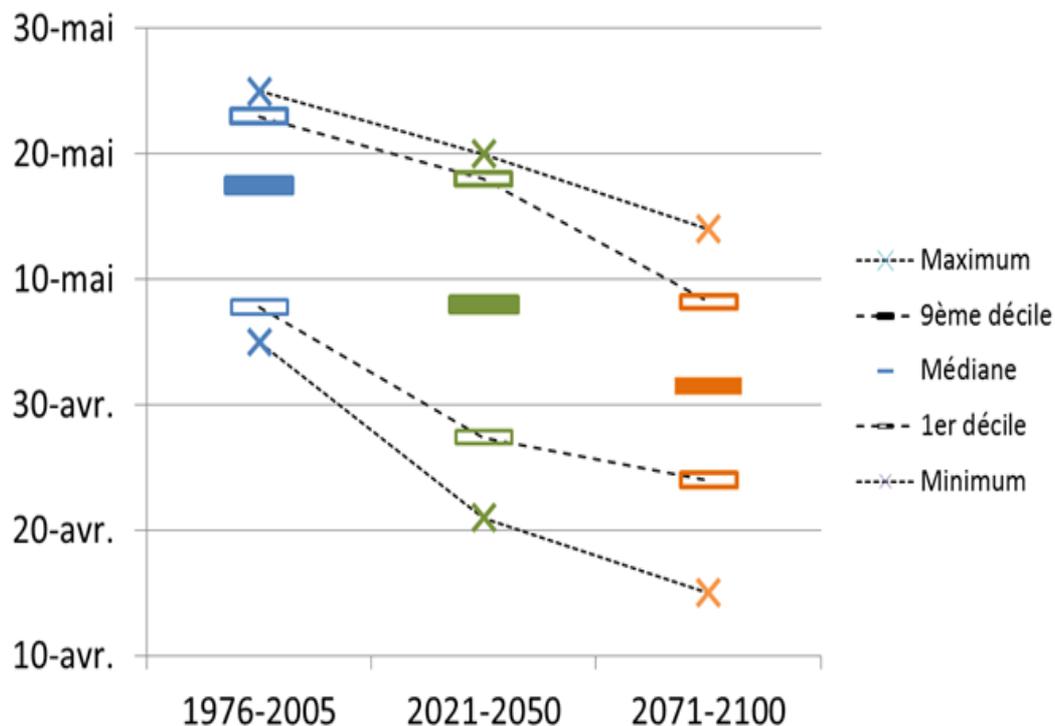
« Vers la fin du siècle, les besoins en stocks deviendront être supérieurs pour la période estivale à celui de l'hiver !! »

Automne très variable

Si année favorable à la pousse de l'herbe
= pâturage prolongé et constitution de stocks

Prairies

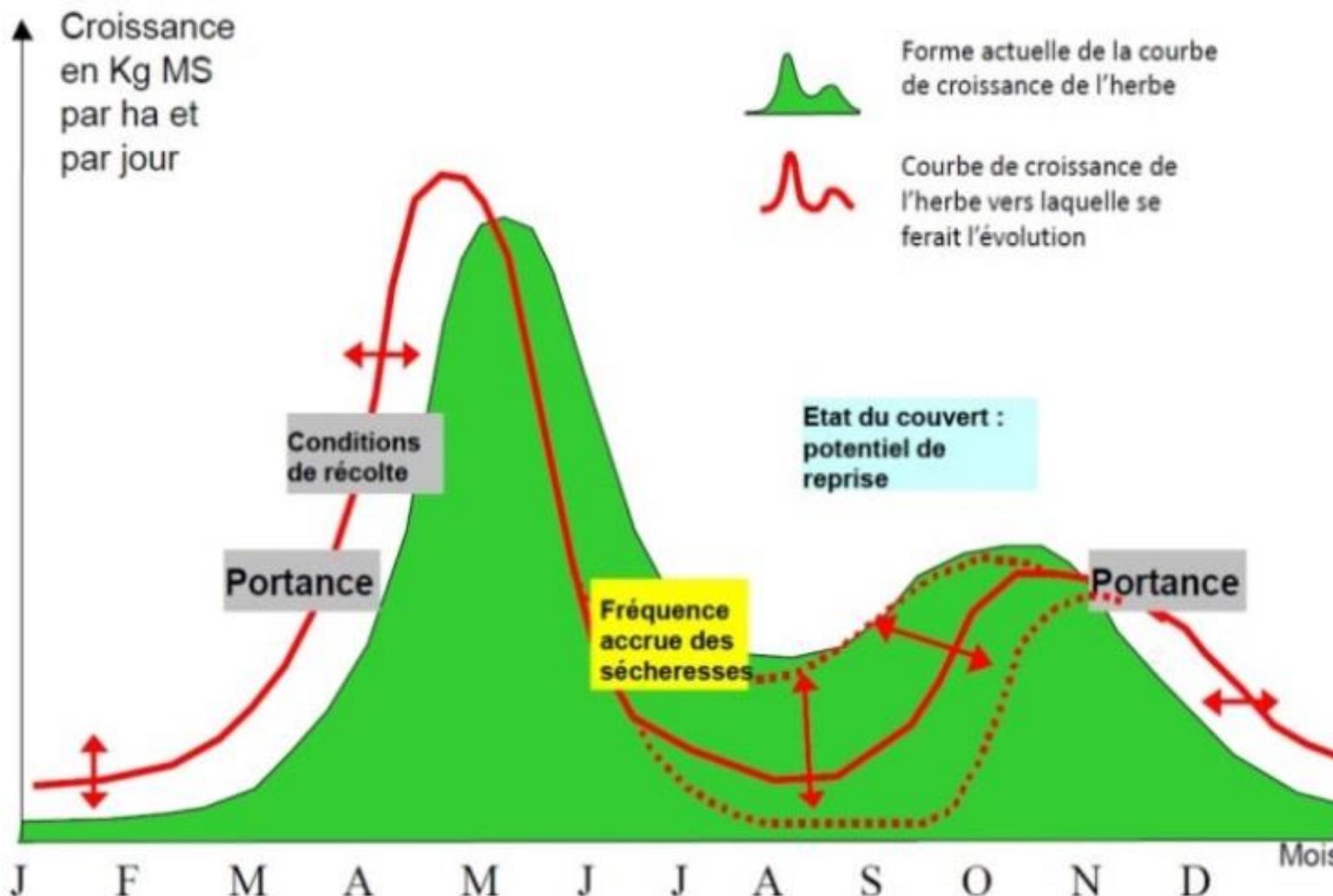
Une pousse plus précoce et plus importante au printemps



Evolution projetée de la date de franchissement de 800°CJ base 0°C (°CJ) initialisée au 01/02 à **Charolles** entre la fin du XXème et la fin du XXIème siècle.

Scénario : RCP 4.5. Modèle : Aladin-climat. Source : [ClimA-XXI/71](#). Données : DRIAS/CNRM 2014.

Prairies



Prairies

Les systèmes d'alimentation basés sur l'herbe nécessiteront :

- soit des stocks supplémentaires (gestion de stocks pluri-annuelle) ;
- soit des conduites de plus en plus extensives avec des faibles chargements.

Prairies :

des questions face à l'évolution du climat ?

- Quelle faisabilité du pâturage hivernal
- Evolution du stockage sur pied pour pâturage
- Quel intérêt de la luzerne dans les zones propices, pure ou en mélange, et nouvelles cultures fourragères (plantain, chicorée, trèfle d'Alexandrie, betterave...)
- Comment valoriser la diversité floristique pour «étaier» le pic de production des prairies au printemps ?
- Quels type et niveau de stocks nécessaires ?

Prairies : des difficultés d'implantations

- Réussite de l'implantation en août et début septembre plus aléatoire comme le colza
- **Des essais prometteurs**
- Semis en octobre en mélange avec des céréales et protéagineux (méteil)
- Protection de la prairie du froid pendant l'installation
- Récolte immature en ensilage
- A valider dans l'est de la France et en zones plus froides

Implantation des prairies



Méteil, céréales au stade laiteux pâteux

***Source : Ferme expérimentale
de Thorigné d'Anjou)***



Prairie après ensilage du méteil



Nos outils de communication

Conférence Grandes Cultures – lundi 17 février 2020 à Saint Marcel



Avec le soutien financier de



**RÉGION
BOURGOGNE
FRANCHE
COMTÉ**

avec le Fonds européen agricole pour le développement rural (FEADER)
L'Europe investit dans les zones rurales.