

2 Novembre 2021 / Université d'été / Roiffé Christian Huyghe

CHANGEMENT DE CLIMAT CHANGEMENT D'AGRICULTURE

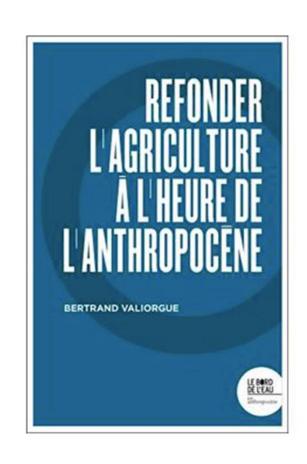






Par le changement climatique qu'elle engendre, l'espèce humaine a conduit à une nouvelle ère géologique: l'anthropocène

- Concept imaginé en 1995 par Creutzen, Prix Nobel de Chimie
- Voir ouvrage de B. Valiorgue (2020): Refonder l'agriculture à l'heure de l'anthropocène
- Un point clé de cette transition :
 - On passe d'une situation de risque à une situation d'incertitude où on ne connait pas les aléas auxquels on sera confronté





Le climat et l'agriculture: une équation complexe riche de menaces et d'opportunités

- Les productions agricoles seront fortement impactées par le changement climatique
- L'agriculture aura une obligation de réduire drastiquement ses émissions de gaz à effet de serre
- L'agriculture a une capacité à stocker du C (sols, arbres) ou à produire du carbone renouvelable

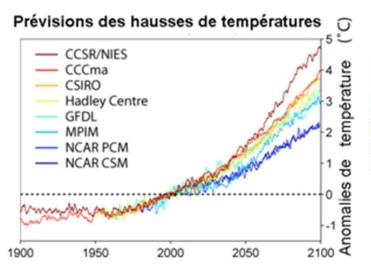


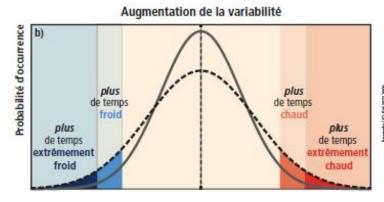
A quels changements faut-il s'attendre?

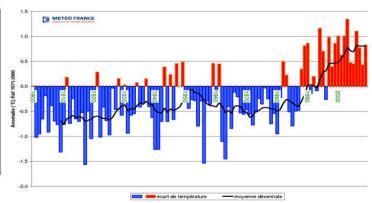
Changements tendanciels

2 Evènements climatiques extrêmes

3 Variabilité saisonnière et interannuelle







(Modifié d'après Bréda, 2014)



DRIAS 2020 : de nouvelles projections climatiques

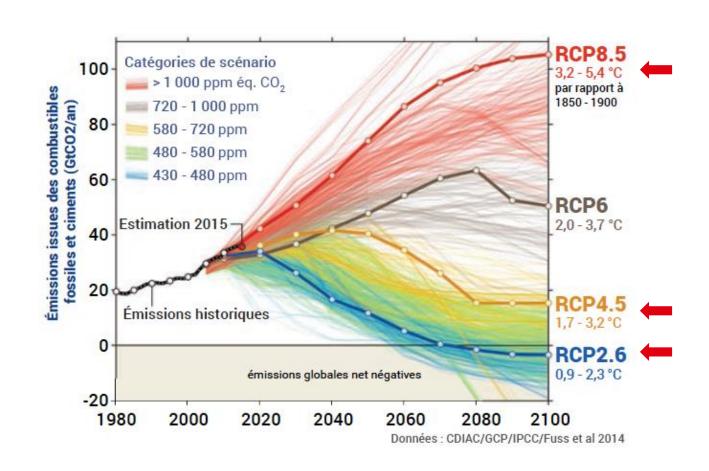
- Simulations climatiques régionales à haute résolution
- 3 scénarios du 5^e rapport du GIEC (AR5)
- 3 horizons temporels

- Proche: 2021-2050

- Moyen : 2041-2070

Lointain: 2071-2100

- Indicateurs climatiques représentatifs du climat moyen ou des extrêmes
- Référence climat actuel (1976-2005)





Synthèse DRIAS 2020 pour la métropole

- Température moyenne en hausse
- Réchauffement plus marqué l'été avec un gradient sud-est/nord ouest
- Nombre de jours de vagues de chaleur ou de canicules en hausse
- Nombre de jours de vagues de froid ou de gelée en baisse
- Cumul annuel de précipitations en légère hausse (hiver ;) été)
- Augmentation légère de l'intensité des pluies extrêmes
- Augmentation de la durée des épisodes de sécheresse météorologique

Pour en savoir plus :

DRIAS 2020 : http://www.drias-climat.fr

Climat HD: http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd

Résumé pour décideurs Vol1 AR6 : https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#SPM

Dépendance ± importante

:

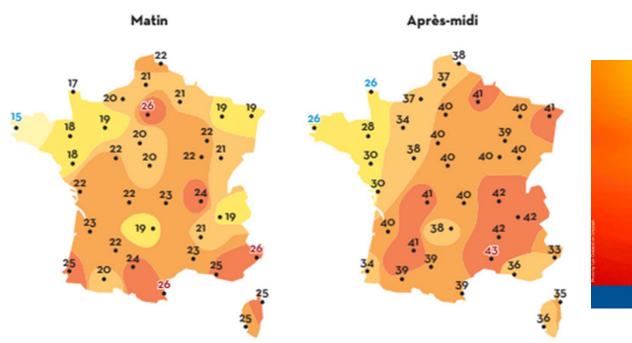
- au scénario
- à l'horizon temporel
- > au site

Rôle clé de l'évaporation et de l'évapotranspiration



Le climat de la France en 2050

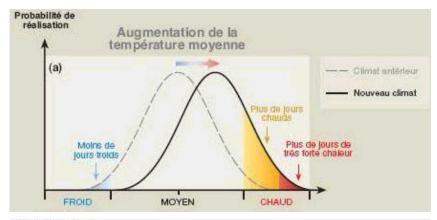
LA MÉTÉO DU 18 AOÛT 2050



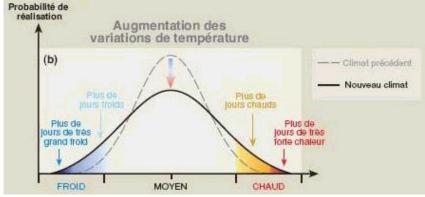




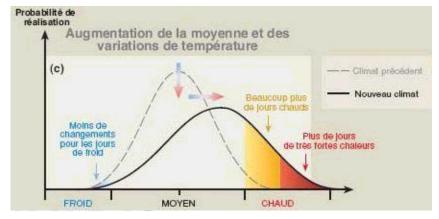




Le climat de la France en 2050

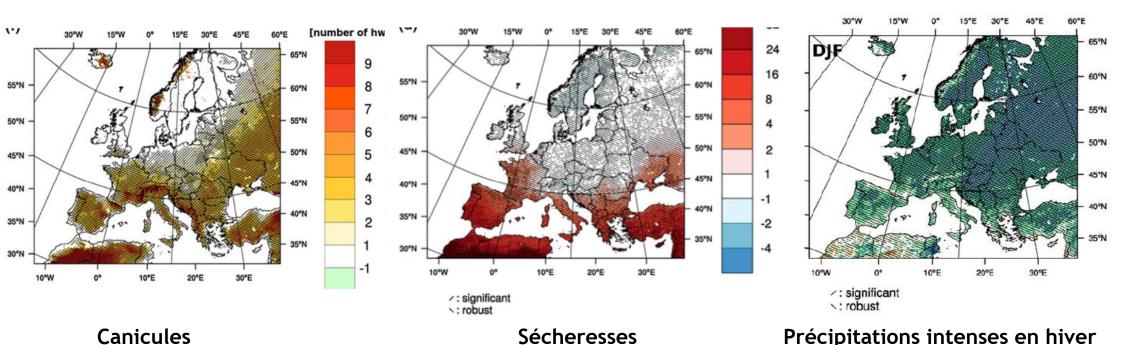


La variabilité du climat va probablement augmenter les vagues de chaleur, les sécheresses et les inondations





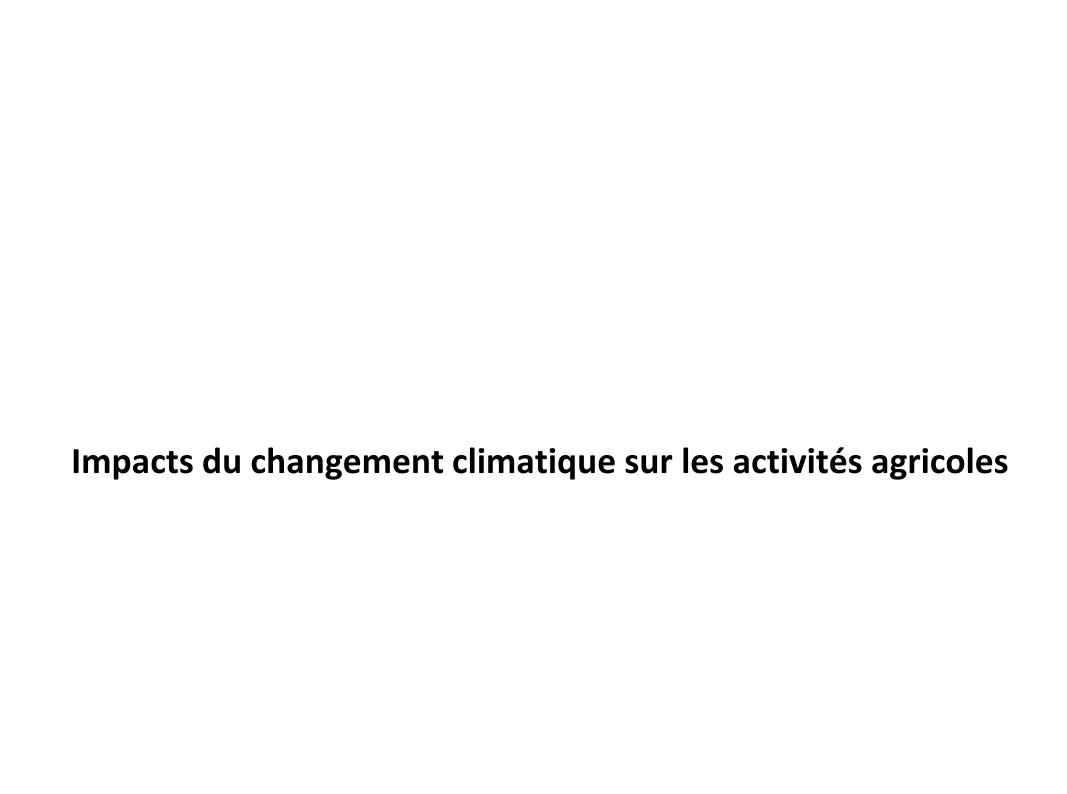
Augmentation de la fréquence des canicules, des sécheresses, et des précipitations intenses d'ici à la fin du siècle dans un scénario de changement climatique rapide (RCP 8.5)





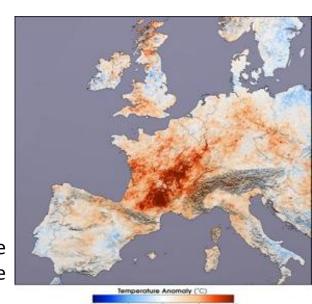
(Source : Jacob et al., 2013; Eurocordex)





Impacts de la canicule et de la sécheresse estivale de 2003 en France

Eté 2003 Europe Anomalie de température



• Eté le plus chaud depuis le 16^{ème} S. (au moins)

Pour l'agriculture Française :

- Cultures d'été (maïs) : -30 %

- Cultures d'hiver (ex. blé): -21 %

- Arbres fruitiers : -25 %

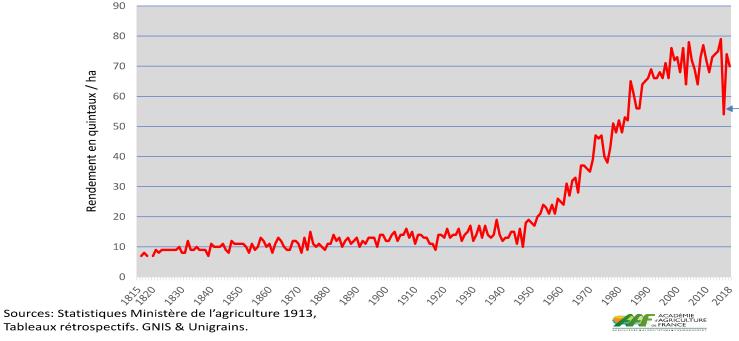
- Fourrages : -30 %





Effets sur les rendements agricoles

Exemple du blé tendre en France



- Le progrès génétique du blé se poursuit.
- ≈ 50% de la stagnation du rendement : facteurs climatiques
- Le reste : changements de rotation et baisse des intrants.

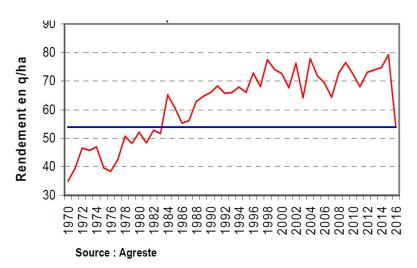


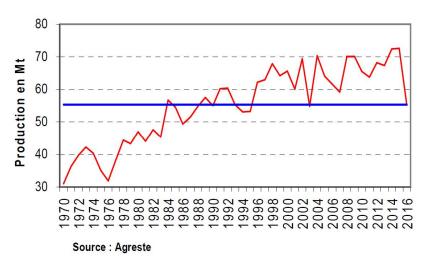


Accident de 2016

Une baisse exceptionnelle de la production : céréales 2016 en France

Baisse de 30% du rendement du blé et de 20% de la production de céréales





Une année qui préfigure un climat modifié?

Hiver chaud, cultures en avance

Vague de froid au moment de la floraison particulièrement précoce (méïose) Fortes précipitations : hypoxie racinaire et engorgement des sols au printemps

Forte pression fongique

Faible rayonnement solaire au printemps (remplissage grains) Chaleur et sécheresse en Juillet-Aout, affectant les cultures d'été

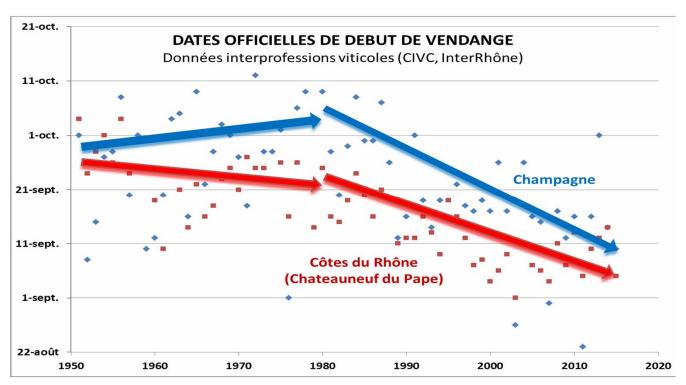
La fréquence de ce type d'extrême augmente dans les projections climatiques

(Ben Ari et al., 2018, Nature Com.)





Cultures pérennes : des effets déjà visibles



- > Fluctuations interannuelles
- Evolution à long terme (-1 mois)



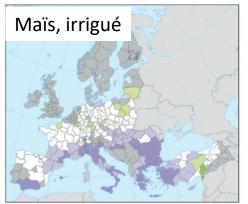
2021:

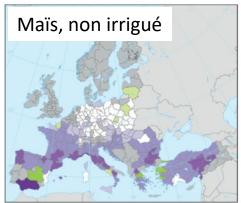
> 15/09

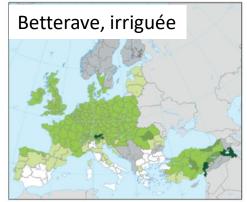
> 02/09

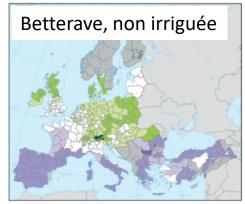
Et de façon contre-intuitive, une augmentation des fréquence d'épisodes de gel sur bourgeons au printemps

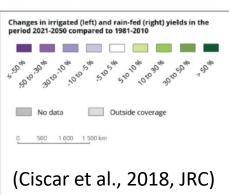


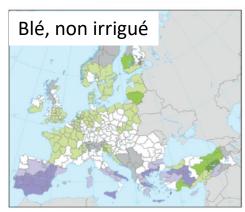












Quels impacts sur les rendements en 2050 ?

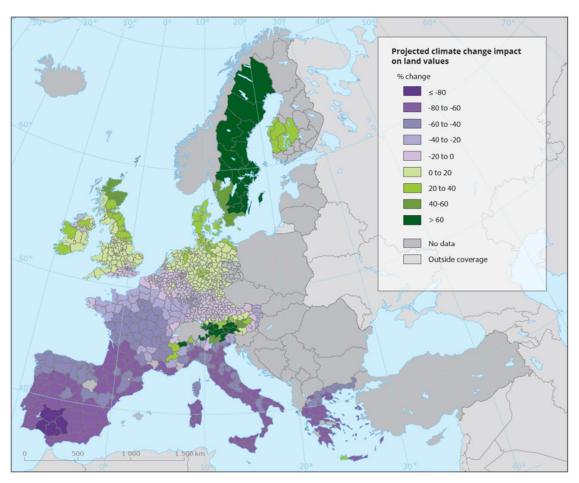
Effets moyens (%) du changement climatique sur les rendements en 2021-2050 par rapport à 1981-2000.

- Des impacts négatifs généralisés sur la façade Méditerranéenne
- Un potentiel agronomique du Maïs généralement réduit
- Une augmentation pour le Blé sur la façade Atlantique et en Europe du Nord
- Une augmentation généralisée pour la Betterave irriguée

Ceci, sans adaptation des variétés et des pratiques



Sans adaptation de l'agriculture, quels impacts sur le prix du foncier agricole ?

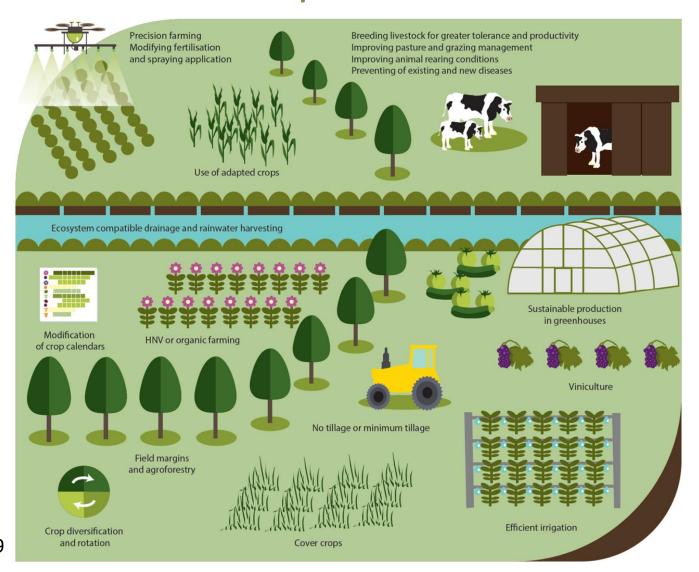


Variation en % du prix du foncier 2071-2100 comparé à 1961-1990

(Source: Van Passel et al., 2017)



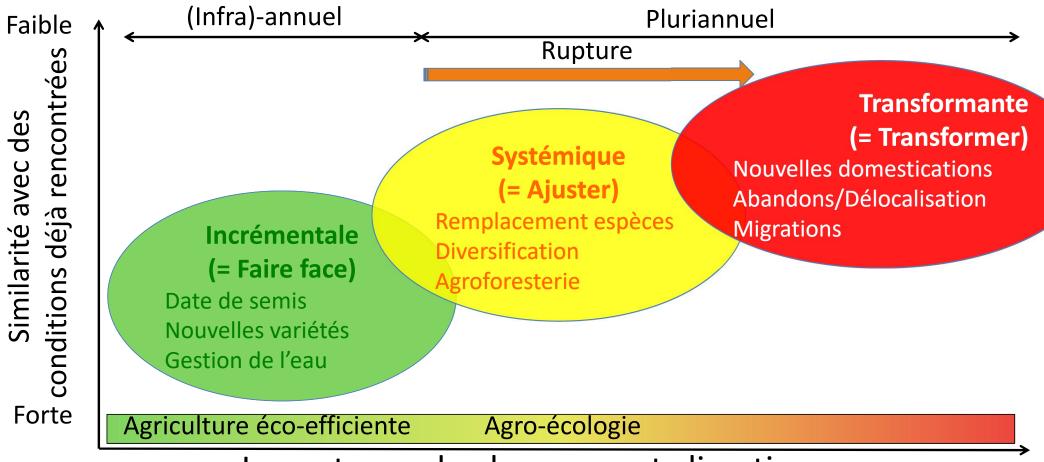
Quelles mesures d'adaptation dans une ferme ?







Nature et formes de l'adaptation en agriculture







(d'après Thornton, 2014)

Adaptation variétale des grandes cultures : les programmes de recherche

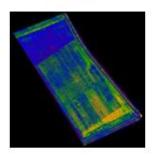
Des projets collaboratifs public-privés pour une offre variétale adaptée au changement climatique



Des infrastructures pour le phénotypage haut-débit



















Adaptation de la qualité des grains et des fruits

13 équipes INRA: génétique, écophysiologie, biochimie

Plateformes de phénotypage et de métabolomique : C, N, sucres, amidon, lipides, acides gras, protéines de stockage et de stress





Grandes cultures: pois, blé, colza







Fruits: tomate, pêche, citrus

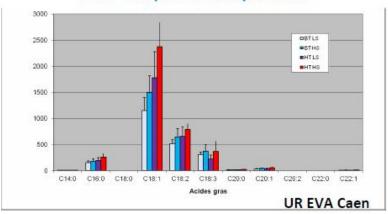








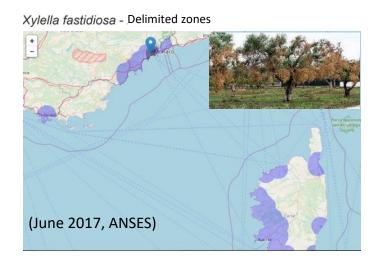
Réponse de la composition en acide gras du colza aux pics de température

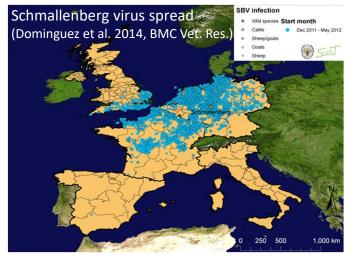




Maladies émergentes et ré-émergentes des végétaux et animaux en partie liées au changement climatique

- L'adaptation au changement climatique doit tenir compte de l'augmentation des risques sanitaires également causés par le commerce international
- Les systèmes de surveillance devraient être liés aux facteurs environnementaux et commerciaux









Accroître la résilience de la production agricole

- Agriculture de précision et amélioration génétique
 - Anticiper les risques (télédétection), adapter les pratiques (semis),
 - Sélection végétale pour la tolérance à la sécheresse, aux températures élevées et à l'inondation...
 sans perte de potentiel de production ?
 - Irrigation de précision (économie d'eau ?)
 - Sélection animale (thermotolérance)
 - Santé végétale et animale (invasions biologiques, maladies émergentes)
- Conservation de l'eau et des sols
 - Gestion intégrée de l'eau à l'échelle du bassin versant,
 - Conservation des sols (réduction du travail, cultures intermédiaires, ...),
 - Polyculture-élevage (prairies), agroforesterie (microclimat)
- Diversification: résilience aux aléas climatiques
 - Rotations, cultivars, prairies temporaires,
 - Associations graminées-légumineuses, mélanges variétaux, etc.
 - Infrastructures agroécologiques, paysages diversifiés
 (moindre pression parasitaire)



Selon une synthèse de 98 méta-analyses, regroupant 6160 études originales (Tamburini et al, 2020, Science Advances 6 : eaba1715): L'augmentation de la diversité cultivée augmente massivement les services environnementaux en maintenant en movenne la performance productive.

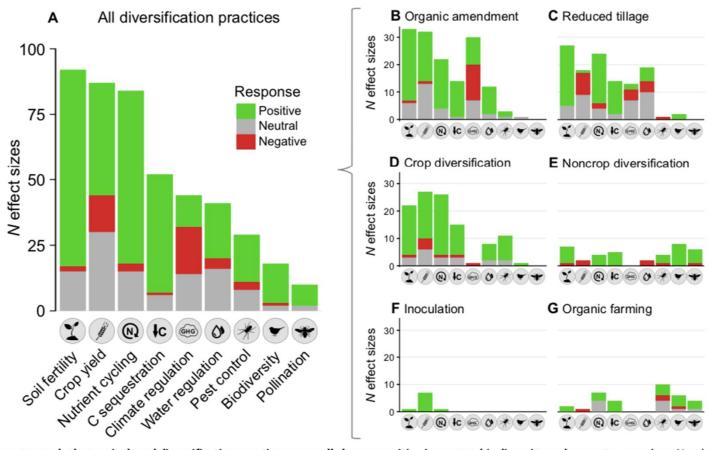
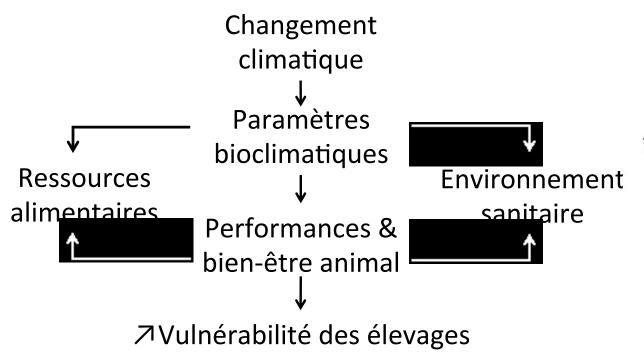


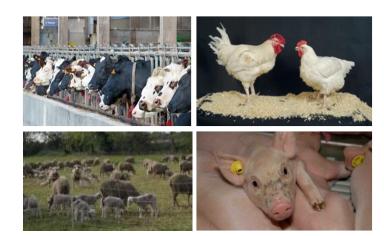
Fig. 1. Vote count reveals that agricultural diversification practices generally have a positive impact on biodiversity and ecosystem services. Number of reported effect sizes with a significant positive (green), negative (red), or neutral (gray) response to agricultural diversification, overall (A) and to each category of diversification practice separately (B to G). The systematic review comprises 456 effect sizes from 98 meta-analyses based on 6167 original studies (fig. S1). Diversification practice and ecosystem service categories were based on classifications following (8, 9) and (13, 14, 27), respectively (tables S1 and S2).

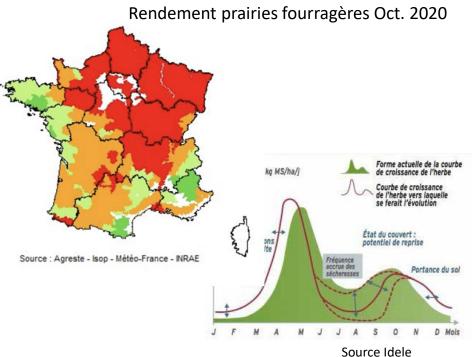


Les problématiques de l'élevage

Concilier gestion des aléas et adaptation à moyen/long terme



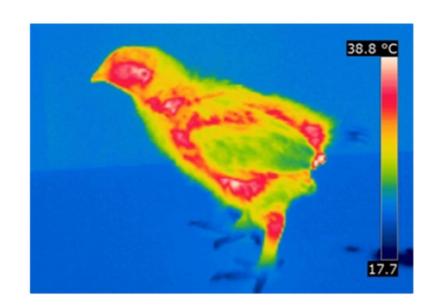






A l'échelle de l'animal

- Mesures d'anticipation
 - ➤ A Résilience (capacité à produire sous la contrainte thermique, restriction alimentaire, etc..)
 - ✓ Sélection génétique
 - ✓ Pré-acclimatation
 - ✓ Accès à l'eau
 - **√**...
- Mesures « correctives »
 - Modification de la conduite alimentaire
 - Gestion individuelle de la conduite des animaux/élevage de précision





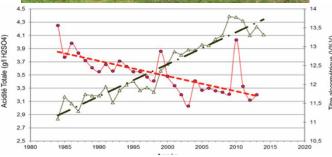
- Zones favorables à la viticulture sensibles au changement climatique, actuel et futur.
- Réchauffement au cours des 50 dernières années : positif dans certaines zones tandis que d'autres ont été exposées à une augmentation du stress thermique et hydrique.





- Zones favorables à la viticulture sensibles au changement climatique, actuel et futur.
- Réchauffement au cours des 50 dernières années : positif dans certaines zones tandis que d'autres ont été exposées à une augmentation du stress thermique et hydrique.
- ❖ Variabilité climatique avec une influence sur la qualité, la quantité et la typicité du vin (e.g., ↗ acidité, ↗ taux de sucre et d'alcool, couleur, arômes ...).
- Impacts sur les revenus des vignerons et sur le classement et la valeur des vignobles.

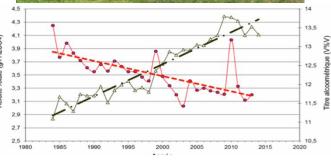


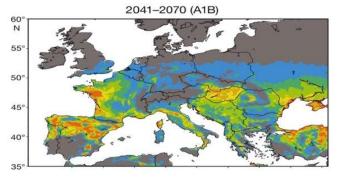




- Zones favorables à la viticulture sensibles au changement climatique, actuel et futur.
- Réchauffement au cours des 50 dernières années : positif dans certaines zones tandis que d'autres ont été exposées à une augmentation du stress thermique et hydrique.
- ❖ Variabilité climatique avec une influence sur la qualité, la quantité et la typicité du vin (e.g., ↗ acidité, ↗ taux de sucre et d'alcool, couleur, arômes ...).
- Impacts sur les revenus des vignerons et sur le classement et la valeur des vignobles.
- Poursuite d'effets positifs et négatifs (nouvelles régions/difficultés ailleurs)









(Jones, 2016; Touzard, 2016)

- Des innovations tout au long de la chaîne de valeur
 - Variétés : tardives, plus tolérantes/résistantes à la sécheresse ou aux ravageurs => nouvelles/anciennes, étrangères...
 - Pratiques : taille, effeuillage, densité, gestion du sol et de l'eau
 - Information climatiques et services de gestion des risques
 - Pratiques oenologiques correctives : nouvelles souches de levure, ajustement du pH, déalcoolisation, prise en compte des choix des consommateurs ...

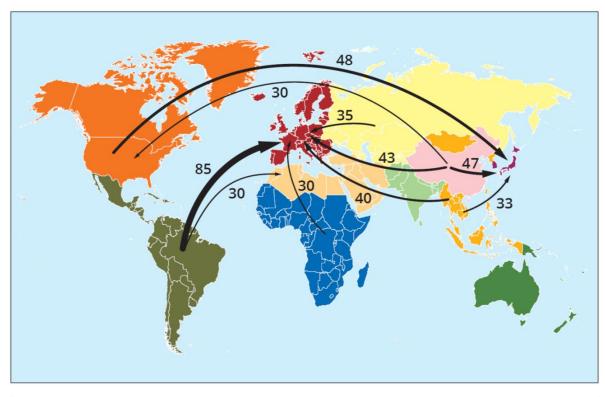








L'Europe mobilise une partie des terres mondiales



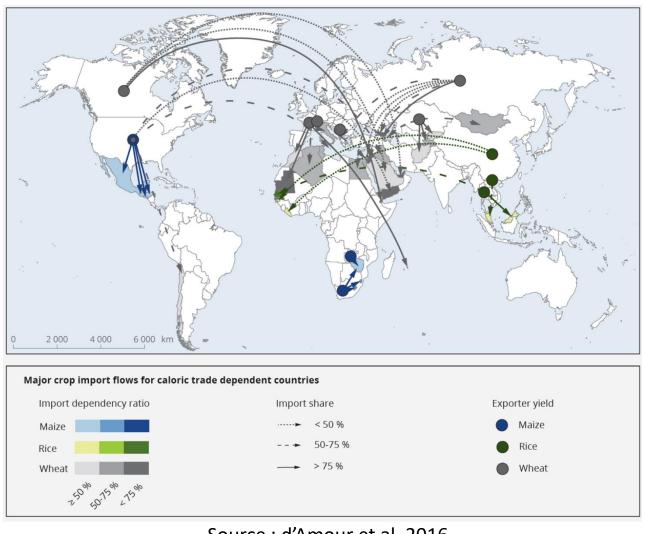
Il est essentiel de prendre en compte les émissions 'importées'

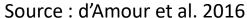


Source: EEA, 2019



L'Europe contribue à la sécurité alimentaire en Afrique







Réduire les émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole



Réduire les émissions de gaz à effet de serre

PRODUCTION AGRICOLE



... et bioénergie



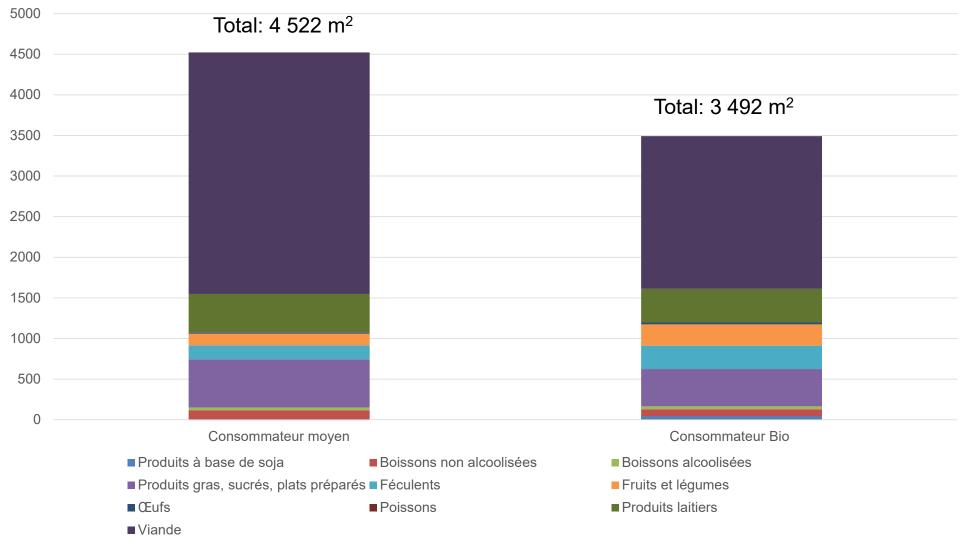
DEMANDE ALIMENTAIRE



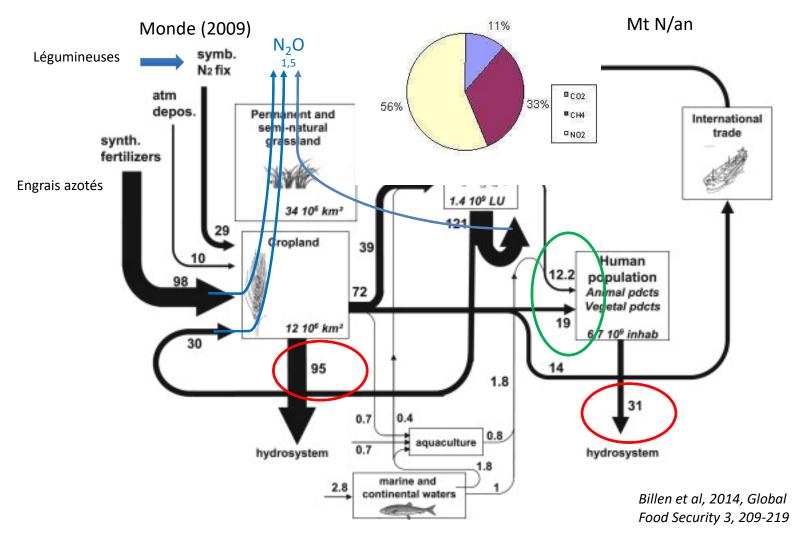
Réduction des pertes et gaspillages Transitions alimentaires Utilisation des produits du bois



Le défi alimentaire: combien de m² pour nourrir 1 personne ?



Source: BioNutrinet-Dialecte-Solagro, 2019



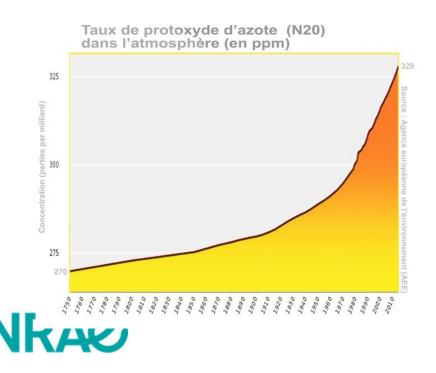


Exemple du cycle azote et protéines au niveau mondial: une illustration de cycles non bouclés, source de pertes considérables, et d'impact sur les émissions de GES

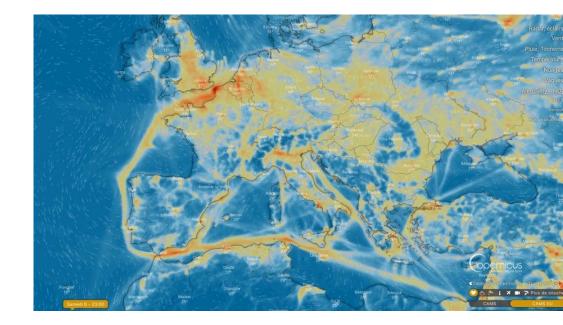


L'empreinte environnementale du transport mondial

- Agriculture = 9,5% en valeur du transport international. Beaucoup plus en volume
- Le poids considérable du transport maritime pour les produits agricoles
- L'impact environnemental du transport maritime: limité pour le CO2, considérable pour le N₂O

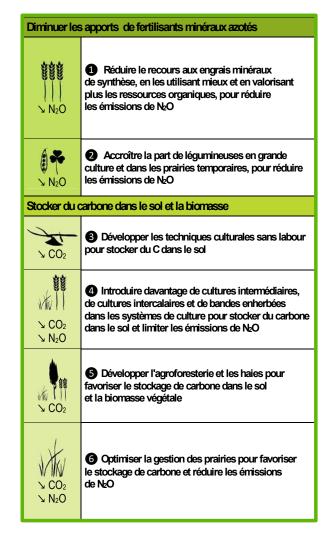


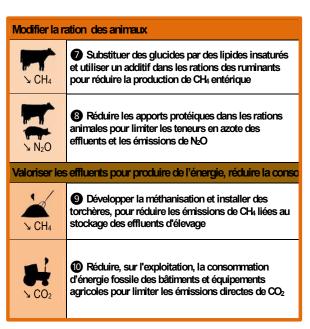
Les teneurs en N₂O dans l'atmosphère sont une image fidèle des voies de transport, notamment maritimes



10 actions pour réduire les émissions de gaz à effet de serre en France









Mobiliser la capacité de l'agriculture à stocker du C (sols, arbres) ou à produire du carbone renouvelable



Un potentiel élevé de stockage de carbone dans les sols cultivés français

- 30 millions de tonnes de CO₂ équivalent par an (soit 3.3 pour mille par an sur les surfaces agricoles)
- Un potentiel variable selon les régions, plus fort là où les stocks initiaux sont faibles
- Un coût dans certaines régions compatible avec le prix tutélaire du carbone (inférieur à 50 € par tonne de CO₂)
- Attention aux raccourcis dangereux
 - Le potentiel d'accumulation n'est pas infini
 - Un sol plus riche en C, sous une température plus élevée, émet plus de CO₂ par respiration des microorganismes
 - Le C en surface (ACS) est plus exposé aux variations de température
 - Pour stabiliser le C, il faut apporter du N (C/N =10)

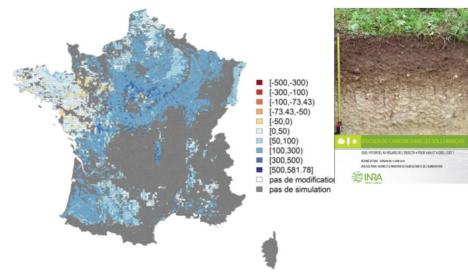


Figure 7. Stockage additionnel absolu (kgC/ha/an) sur 0-30 cm avec le scénario "Insertion et allongement des cultures intermédiaires"

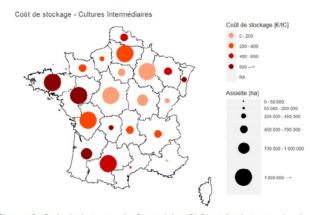
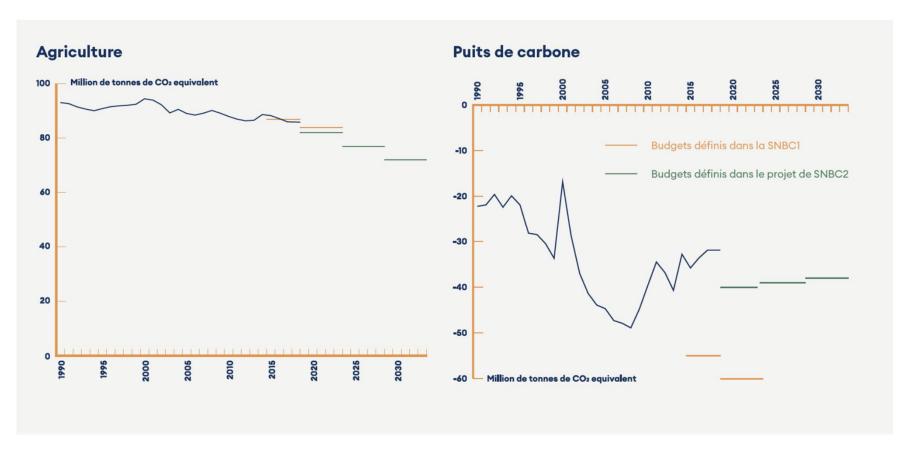


Figure 8. Coût de la tonne de C stockée (€/tC) et Assiette maximale technique (ha) de la pratique, par région



Budgets carbone de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC)



(source : Haut Conseil pour le Climat, 2019)



La capacité de l'agriculture à produire des énergies renouvelables

- Les agrocarburants et la méthanisation
 - Concurrence avec la production de biens alimentaires
 - Concurrence avec la restitution de C au sol
 - Potentiel pour utilisation de cultures intermédiaires





La capacité de l'agriculture à produire des énergies renouvelables

- Les agrocarburants et la méthanisation
- La production d'énergie photovoltaïque
 - Une part très importante de la production photovoltaïque en France
 - Installation de panneaux photovoltaïques sur les bâtiments et au sol
 - L'agriphotovoltaïsme
 - Panneaux fixes
 - Panneaux oscillants. Régulation en fonction des besoins de la culture, pouvant aller jusqu'à un rôle d'ombrière





La capacité de l'agriculture à produire des énergies renouvelables

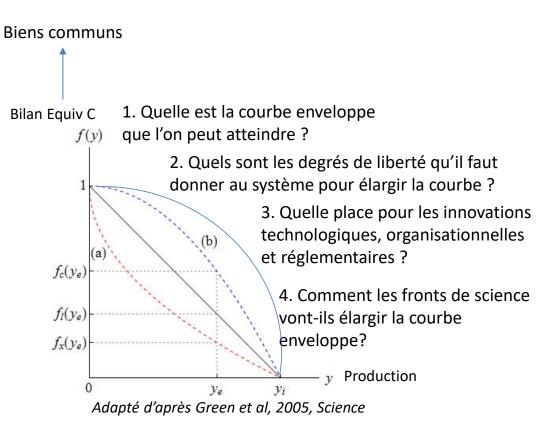
- Les agrocarburants et la méthanisation
- La production d'énergie photovoltaïque
- La production d'énergie éolienne
 - Davantage une question paysagère qu'un débat agricole aujourd'hui
 - Un potentiel éolien très variable entre régions
 - Une puissance par unité de surface du même ordre que le photovoltaïque





Conclusions: Ceci conduit à deux questions

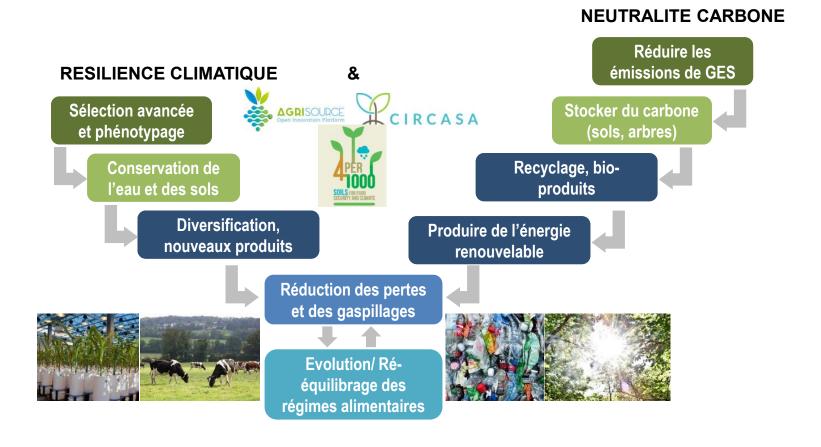
- Les systèmes résilients, à faibles émissions, et assurant la mitigation conduisent-ils à une exploration de l'augmentation du LER (Land Equivalent Ratio), en réduisant les émissions importées ?
- Importance d'analyser la relation entre la fonction de production de biens (alimentaires et nonalimentaires) et la limitation des émissions de GES. Explorer les convexités







Conclusion : vers des systèmes alimentaires neutres en carbone et résilients face au changement climatique





AGRICULTURE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE



Merci pour votre attention ... et pour les interactions à venir



http://www.philippetastet.com