

Synthèses

S'adapter au changement climatique

Agriculture, écosystèmes et territoires

Jean-François Soussana, coord.



éditions
Quæ

S'adapter au changement climatique

Agriculture, écosystèmes
et territoires

S'adapter au changement climatique

Agriculture, écosystèmes et territoires

Jean-François Soussana, coordinateur

Collection Synthèses

Les milieux rupicoles
Les enjeux de la conservation des sols rocheux
P. Pech
2013, 168 p.

Flores protectrices pour la conservation des aliments
M. Zagorec, S. Christieans
2013, 160 p.

Agricultures à l'épreuve de la modernisation
E. Deléage
2013, 104 p.

Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture
É. Hainzelin
2013, 264 p.

Organisations et sociétés paysannes
Une lecture par la réciprocité
É. Sabourin
2012, 282 p.

Apprendre à innover dans un monde incertain
Concevoir les futurs de l'agriculture et de l'alimentation
É. Coudel, H. Devautour, C.-T. Soulard, G. Faure, B. Hubert, coord.
2012, 248 p.

Préface

Les émissions mondiales de CO₂ à partir d'énergies fossiles ont augmenté de 40 % entre 1990 et 2008, pour atteindre 8,7 milliards de tonnes de carbone par an. Le rapport du GIEC (2007) a montré que le changement climatique est déjà en cours et que ses effets commencent à se manifester dans de nombreux systèmes naturels : réchauffement des surfaces terrestres et de la basse atmosphère ; réchauffement discernable jusqu'à 3 000 m dans l'océan ; augmentation des températures maximales et réduction des températures minimales, pluies et cyclones probablement plus intenses ; montée du niveau des océans ; réduction du pH des océans liée à la dissolution du CO₂ qui s'accumule dans l'atmosphère ; baisse graduelle vraisemblable de la circulation thermohaline (*Gulf Stream*) ; réduction du manteau neigeux et des calottes glaciaires ; changements de distribution et de comportement des espèces végétales et animales.

Des changements profonds sont désormais inéluctables, quels que soient les efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre qui pourront être déployés, du fait de l'inertie du système climatique. Ces changements vont affecter de nombreux secteurs : agriculture, forêt, pêche, aménagement du territoire, tourisme, infrastructures, etc. En ce sens, la question du changement climatique a cessé d'être une question strictement scientifique concernant un avenir lointain pour devenir un enjeu prégnant pour la société, pour les politiques publiques et pour les acteurs privés.

La lutte contre le changement climatique demeure une priorité et les mesures nécessaires pour limiter son ampleur font l'objet d'engagements internationaux (protocole de Kyoto et ses suites), européens (objectif de réduction de – 20 % des émissions de gaz à effet de serre en 2020 par rapport à 1990) et nationaux (plan national Climat, objectif de réduction de 75 % en 2050). Une étude récente conduite par l'Inra¹ a permis d'évaluer le potentiel d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et de stockage de carbone dans le secteur agricole. Par ses recherches, l'Inra contribue à la lutte contre l'effet de serre, dans le cadre notamment d'une alliance mondiale de recherche sur les gaz à effet de serre en agriculture².

L'adaptation au changement climatique est devenue également un enjeu majeur et des plans nationaux d'adaptation ont été encouragés pour les pays en développement lors des négociations³ climat à Cancun en 2010. Cette adaptation doit être envisagée comme un complément désormais indispensable aux actions d'atténuation déjà engagées. L'intérêt économique d'être adapté a été démontré par le rapport Stern en 2006 qui a souligné que l'adaptation devait être anticipée afin d'en réduire les coûts et d'en anticiper les bénéfices.

1. Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction de l'effet de serre ? Inra, juillet 2013.

2. www.globalresearchalliance.org

3. UNFCCC, convention cadre des Nations unies sur le climat.

C'est dans ce contexte que l'Agence nationale de la recherche (ANR) a confié à l'Inra en 2008 la coordination d'un atelier de réflexion prospective sur l'adaptation au changement climatique de l'agriculture et des écosystèmes anthropisés. Cet atelier avait deux objectifs : disposer d'un panorama des recherches françaises dans ce domaine et définir les éléments d'une stratégie de recherche susceptible d'être mise en œuvre dans les programmes de l'agence ou d'autres institutions.

L'atelier de réflexion prospective ADAGE⁴ (Adaptation de l'agriculture et des écosystèmes anthropisés au changement climatique) a permis d'opérer une première cartographie des recherches dans ce domaine qui constitue une thématique émergente, comme en atteste la multiplication par 10 au cours des 10 dernières années du nombre de citations dans la littérature scientifique internationale.

Cet atelier, animé par Jean-François Soussana, a bénéficié de la contribution de près de 150 participants, issus de 43 institutions françaises (recherche et enseignement supérieur, ministères, agences publiques, instituts techniques, fédérations professionnelles, semenciers, assurances, associations de protection de l'environnement). Il a été organisé en trois sous-ateliers concernant :

- les enjeux génériques de l'adaptation au changement climatique,
- les enjeux par biome, par filière et par zone géographique,
- les conséquences sociales, économiques et environnementales de l'adaptation.

Les résultats de l'atelier ADAGE ont motivé le lancement dès 2011 de plusieurs programmes de recherche sous l'égide de l'ANR⁵ et de l'Inra⁶. Les analyses développées au cours de l'atelier ont également contribué au cadrage d'une action prioritaire de programmation de la recherche⁷, qui rassemble maintenant 21 pays européens sur l'agriculture, la sécurité alimentaire et le changement climatique. Les conclusions de l'atelier ADAGE ont enfin été présentées lors de la consultation organisée en préparation du plan national d'Adaptation au changement climatique (PNACC⁸).

Une cascade de répercussions du changement climatique sur les modes d'utilisation des terres, les besoins en eau, la qualité des sols, la pression des bioagresseurs, les besoins en intrants et en énergie, sur l'origine, la qualité et la typicité des produits, doit être envisagée, en analysant tout particulièrement les adaptations et les rétroactions sur les émissions de gaz à effet de serre, sur les ressources naturelles et la biodiversité et, enfin, les conséquences pour la production alimentaire. Cet ouvrage offre une large synthèse qui permet de comprendre ces interactions et d'envisager de premières pistes pour l'adaptation au changement climatique.

François Houllier
Président-directeur général de l'Inra

4. 2009-2010, www1.clermont.inra.fr/adage.

5. Programmes de l'ANR AgroBiosPhère et BioAdapt, portant respectivement sur l'adaptation aux changements globaux aux échelles des territoires et des organismes vivants, www.agence-nationale-recherche.fr.

6. Méta-programme Adaptation au changement climatique de l'agriculture et de la forêt (ACCAF), www.metaprogrammes.inra.fr.

7. FACCE JPI, Agriculture, Food Security and Climate Change Joint Programing Initiative, www.facejpi.com.

8. www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ONERC-PNACC-complet.pdf.

Remerciements

Le présent ouvrage issu de l'atelier ADAGE a été rédigé par un collectif d'experts scientifiques représentant huit ensembles de disciplines (climatologie, sciences agronomiques, sciences de l'environnement, sciences de la biodiversité, génétique végétale et animale, santé végétale et animale, sciences de l'homme et de la société, sciences de l'information) et ayant tous contribué à ce projet. Il est dédié à la mémoire de Nadine Brisson-Cohen, décédée prématurément après avoir beaucoup œuvré dans ce domaine. Son édition a bénéficié de l'aide de Sophie Lebonvallet, Marie Rabut, Marc-Antoine Caillaud, Chantal Gascuel et Michèle Tixier-Boichard que je voudrais remercier.

Table des matières

Préface	1
Remerciements	3
Introduction	9
PARTIE 1. APPROCHES DE L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	
Chapitre 1. Les scénarios socio-économiques et climatiques	15
<i>T. Ronzon</i>	
Mobiliser les scénarios pour articuler questions de science et contexte socio-économique	15
Vers un renouveau des scénarios climatiques de référence : le ciblage d'un niveau de stabilisation des gaz à effet de serre	19
Aborder les questions de sécurité alimentaire en lien avec le changement climatique	25
Références bibliographiques	28
Chapitre 2. L'incertitude dans les études d'impact et d'adaptation au changement climatique	31
<i>N. Brisson, L. Terray, J.-C. Calvet, M. Déqué, N. de Noblet-Ducoudré</i>	
Cadre sémantique et typologique	31
État des lieux	34
Comment traiter des incertitudes et/ou les réduire ?	36
Conclusion	42
Références bibliographiques	42
Chapitre 3. La biodiversité et la santé dans les études d'adaptation au changement climatique	45
<i>D. Couvet, F. Lefèvre</i>	
Contexte et enjeux	46
Impacts du changement climatique sur la biodiversité	46
Stratégies de remédiation ou d'adaptation, problématiques de recherches	49
Modélisation	53

Outils de recherches alimentant ces modèles	56
Verrous de recherches : interdisciplinarité	58
Références bibliographiques	59
Chapitre 4. Observations, innovations et adaptations au changement climatique	61
<i>N. Ahmadi, C. Bastien, M. Trommetter</i>	
Quelles innovations et quelles observations pour l'adaptation au changement climatique ?	61
Encourager la création et la diffusion des innovations d'adaptation	69
Conclusion	71
Références bibliographiques	72
Chapitre 5. L'adaptabilité et la vulnérabilité	75
<i>S. Allain, M. Benoît, T. Fournier, C. Millier</i>	
Rappel des liens entre les évolutions du climat et l'adaptation des activités agricoles et forestières	75
Un questionnement de l'adaptabilité et de la vulnérabilité en privilégiant cinq points de vue	77
État de l'art et structuration des recherches en France	82
Les principales priorités de recherche	83
Références bibliographiques	85
 PARTIE 2. BIOMES ET FILIÈRES DANS L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	
Chapitre 6. Les productions végétales	91
<i>M. Dingkuhn, E. Gérardeaux, P. Gate, J.-M. Legave</i>	
Contexte et enjeux	91
Impacts et besoins d'adaptation	93
Les grandes cultures annuelles des zones tempérées et méditerranéennes	97
Les cultures horticoles des zones tempérées, méditerranéennes et tropicales	100
Perspectives de recherche et zones prioritaires	103
Zones prioritaires	105
Références bibliographiques	105
Chapitre 7. Élevages et filières animales	107
<i>D. Richard, J.-Y. Dourmad, J.-B. Coulon, C. Picon-Cochard</i>	
Contexte et enjeux	107
Impacts du changement climatique sur l'élevage	109

Voies d'adaptation possibles et principaux travaux envisagés	116
Conclusion	120
Références bibliographiques	121
Chapitre 8. Les forêts, leurs biens et leurs services	125
<i>N. Bréda, B. Mallet</i>	
Contexte, enjeux, défis et importance de la filière	126
Impact des changements climatiques et pistes d'adaptation	128
Perspectives de recherches	134
Références bibliographiques	138
Chapitre 9. Les hydrosystèmes, la pêche et l'aquaculture	141
<i>J.-L. Baglinière, D. Gerdeaux, F. Médale, D. Gascuel, O. Le Pape, D. Pont</i>	
Hydrosystèmes continentaux : filière pêche lacs et cours d'eau	141
Hydrosystèmes océaniques : filière pêche hauturière et côtière	150
Aquaculture	159
Références bibliographiques	165
Chapitre 10. Les sociétés à agriculture de subsistance	171
<i>E. Dounias, M.-N. de Visscher, A. Ickowicz, P. Clouvel</i>	
Quels enjeux, quelle approche ?	171
Adaptation des SAS au changement climatique : contexte et stratégie	178
Étude de l'adaptation des SAS au changement climatique : limites et contraintes	185
Perspectives de recherche	187
Conclusion	189
Références bibliographiques	190
Chapitre 11. Les aires protégées continentales	195
<i>M. Baguette, B. Locatelli</i>	
Impacts du changement climatique sur la biodiversité et les aires protégées	195
Quelles mesures d'adaptation ?	200
Comment choisir des mesures d'adaptation ?	203
Enjeux institutionnels	204
Perspectives de recherche	207
Références bibliographiques	209

PARTIE 3. LES DÉFIS DE L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Chapitre 12. Ressources en eau et qualité des sols	215
<i>B. Itier, Y. Le Bissonnais, N. Brisson, P. Merot, C. Gascuel-Oudou</i>	
Contexte, enjeux et défis	216
Impacts attendus et pistes d'adaptation pour la gestion des sols et des eaux	217
Perspectives de recherche	221
Références bibliographiques	226
Chapitre 13. Adaptation au changement climatique et lutte contre l'effet de serre	227
<i>P. Ciais, P.-A. Jayet, J.-F. Soussana</i>	
Contexte et enjeux	227
Comment combiner adaptation et atténuation ?	230
Quels objectifs de recherche ?	233
Conclusion	240
Références bibliographiques	241
Chapitre 14. Sécurité alimentaire et compétitivité des filières	243
<i>A. Thomas et M. Lherm</i>	
Contexte et enjeux	244
Impacts attendus et pistes d'adaptation	246
Perspectives de recherche	251
Références bibliographiques	254
Chapitre 15. Activités agricoles et territoires	255
<i>F. Bertrand, H. Brédif, E. Duchêne, E. Josien, M. Tabeaud</i>	
Agriculture et forêt confrontées à une alternative fondamentale	255
Que sait-on aujourd'hui de l'adaptation dans les territoires ?	257
Comment évaluer les contraintes et imaginer les possibles ?	258
Quels sont les déterminants de l'adaptation au sein des territoires ?	260
Quelle gouvernance pour les adaptations ?	262
Conclusion	265
Références bibliographiques	265
Conclusion	267
Glossaire	271
Liste des auteurs	279

Introduction

Jean-François SOUSSANA

L'espoir ni la peur ne peuvent agir sur le temps qu'il fait.
Adage tibétain.

La publication du 4^e rapport du GIEC en 2007 a renforcé la crédibilité scientifique et sociétale de la réalité du phénomène du changement climatique. C'est, en particulier, la confrontation des scénarios climatiques pour le XXI^e siècle et des observations récentes qui permet maintenant d'attribuer les changements observés, au-delà des facteurs naturels, à l'accroissement de l'effet de serre par l'action de l'homme. La température moyenne de surface a augmenté de 0,6 °C (avec une incertitude en plus ou en moins de 0,2 °C) depuis 1860. Le XX^e siècle a probablement été le siècle le plus chaud depuis 1 000 ans et la décennie 1990 a connu le réchauffement le plus important de ce siècle, avec en particulier deux vagues de chaleur inédites depuis 1500 sur le continent européen (durant l'été 2003, puis en Russie durant l'été 2010). Les données purement climatiques sont corroborées par des observations sur des indicateurs qui en dérivent directement : diminution de la surface de couverture neigeuse et des glaciers de montagne ou de la glace de mer, élévation du niveau de la mer, etc. Par ailleurs, même s'il est généralement très délicat d'isoler l'action éventuelle du réchauffement global de celui d'un grand nombre d'autres facteurs, il est possible d'observer des impacts sur les écosystèmes cultivés ou naturels, en particulier au niveau de leur phénologie (dates de floraison des arbres fruitiers, dates de vendange et de semis du maïs) mais aussi, dans certains cas, de leur productivité (forêts, voire certaines céréales comme le blé). Ils attestent de la réalité d'un climat actuel significativement différent de celui des années 1940-1970 et très vraisemblablement en cours d'évolution sous l'action de l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Pour la fin du siècle, les différents scénarios évaluent les conséquences de concentrations atmosphériques en CO₂ situées en gros entre 540 et 950 ppm. L'accroissement moyen de la température de surface est estimé, d'après les simulations réalisées pour le 4^e rapport du GIEC, devoir être de 1,8 à 4 °C entre 1980-1999 et 2090-2099. Cette augmentation serait sans précédent dans les 10 000 dernières années. Il est presque certain que toutes les surfaces continentales se réchaufferont plus rapidement que la moyenne. Les prédictions sur la pluviométrie sont un peu plus incertaines, mais elles font état en général d'une légère augmentation de la moyenne annuelle, avec une tendance à la diminution de la pluviométrie estivale dans les zones tempérées de moyenne latitude, qui serait nettement plus marquée autour du pourtour méditerranéen, amplifiant localement l'augmentation de température par le biais de rétroactions entre la sécheresse du sol et la canicule.

En plus de ces variations de climat moyen, il est vraisemblable que le changement climatique s'accompagne d'un accroissement de la variabilité temporelle et spatiale et des extrêmes. Avec des températures dépassant de 6 °C les normales saisonnières et des déficits de pluviométrie atteignant 300 mm, la sécheresse et la canicule de l'été 2003 ont entraîné en France métropolitaine une réduction de 30 % des productions de maïs grain et de fourrages, de 25 % pour l'arboriculture fruitière et de 20 % environ pour le blé et pour d'autres productions végétales. Les dommages non assurés pour le secteur agricole ont été estimés à 4 milliards d'Euros pour la France et à 13 milliards d'Euros pour l'Europe. La productivité primaire des écosystèmes européens a été réduite entraînant un important déstockage de carbone. Cet épisode récent, ainsi que d'autres (comme la sécheresse exceptionnelle de printemps en 2011) au cours de la décennie, démontre le besoin d'adaptation de l'agriculture, de la forêt et de l'ensemble des écosystèmes à la variabilité climatique actuelle. Cette vulnérabilité est encore plus importante pour l'agriculture de subsistance. Ainsi dans les régions arides de l'Afrique subsaharienne, la mortalité des cheptels nationaux a varié de 20 à 60 % au cours des sécheresses des dernières décennies. Les aléas climatiques entraînent également dans ces régions des tensions sur la sécurité alimentaire avec des conséquences négatives majeures pour les populations et pour le développement durable.

Le rapport 2007 du GIEC commence à préfigurer un avenir climatique à géométrie variable suivant les scénarios d'émission de gaz à effet de serre (GES). Il est maintenant bien établi que nous avons collectivement le choix, par notre action dans les vingt à trente prochaines années, d'aller vers un réchauffement encore modéré de l'ordre de 2 à 3 °C (à mettre en rapport avec une gamme de variation de la température moyenne annuelle de la France métropolitaine depuis 1900 de près de 2 °C d'après Météo-France), ou au contraire dépassant les 5 °C si on prolonge la tendance actuelle. Les impacts de ce cas de figure sont beaucoup plus difficiles à cerner, mais sont porteurs de risques notablement amplifiés pour l'agriculture, pour la biodiversité et pour les écosystèmes.

L'adaptation au changement climatique peut se définir comme l'ensemble des actions contribuant à ajuster les systèmes naturels ou humains en réponse à des phénomènes climatiques, afin d'atténuer leurs effets néfastes ou d'exploiter leurs effets bénéfiques. Car si le réchauffement climatique induira des coûts pour la société, il entraînera également des opportunités qu'il s'agira de saisir.

L'adaptation cherche à limiter les vulnérabilités, afin de réduire l'impact du changement climatique. Les agriculteurs, les éleveurs ou les forestiers disposent déjà de nombreuses options techniques d'adaptation pour des changements marginaux des systèmes existants. Ces adaptations autonomes des pratiques s'inscrivent dans le prolongement de stratégies de maîtrise du risque climatique, qui demandent encore des efforts de recherche. Elles peuvent permettre de « gagner du temps » pour un changement climatique modéré. Par exemple, pour les cultures annuelles, l'adaptation des pratiques agricoles permettrait d'augmenter de 10 à 20 % les rendements du blé, ce qui permettrait de retarder de plusieurs décennies les impacts du changement climatique sur la production. Cependant, l'efficacité de cette adaptation autonome est probablement insuffisante pour un changement climatique sévère ou pour des événements extrêmes. La mise au point d'une stratégie d'adaptation planifiée,

compatible avec les objectifs de développement durable, est donc incontournable pour limiter la vulnérabilité face à des changements sévères.

Les échelles de temps concernant l'adaptation semblent *a priori* différentes selon les systèmes étudiés : en gros, de l'ordre de quelques années pour les cultures annuelles et les animaux d'élevage, 20 ans pour l'arboriculture fruitière ou la vigne, 50 ou 100 ans pour les forêts. Cependant, pour tous les systèmes, certaines formes d'adaptation nécessiteront un effort de recherche qui pourrait demander plusieurs années, voire plusieurs décennies : par exemple, pour la création d'un matériel génétique adapté, pour la mise au point d'un système d'alerte et d'aide à la décision en réponse à une variabilité climatique accrue, pour des observatoires permettant de capitaliser les adaptations en cours, etc.

La fenêtre dont nous disposons pour limiter le réchauffement global à 2 °C est en train de se refermer : sans une réduction mondiale des émissions de GES intervenant au plus tard d'ici 10 ans, il sera sans doute impossible d'éviter un réchauffement global de 3-4 °C, ou plus, d'ici à la fin du siècle¹. Dans ce contexte, l'adaptation au changement climatique de l'agriculture et des écosystèmes s'impose aujourd'hui comme un objectif complémentaire à la lutte contre l'effet de serre.

L'émergence d'une communauté partageant une vision systémique des enjeux et des approches de l'adaptation constitue une première étape à laquelle cet ouvrage espère contribuer. Destiné aux enseignants, aux décideurs de la sphère privée et publique, et aux chercheurs, il est organisé en trois parties.

La première vise à expliciter les concepts et les approches qui sous-tendent les études scientifiques sur l'adaptation. Ces études partent d'une évaluation des impacts du changement climatique, évaluation qui ne peut être faite qu'en référence à des projections climatiques régionalisées, fonction elles-mêmes de scénarios d'émission de GES. Le premier chapitre est donc consacré aux scénarios socio-économiques et d'émission de GES. Les incertitudes liées aux modèles climatiques, aux méthodes de régionalisation et aux modèles d'impact du changement climatique sont discutées dans le second chapitre. Nous abordons ensuite (chapitre 3) les dynamiques de la biodiversité et de la santé végétale et animale, en montrant leur importance pour la gestion (par l'agriculture, la forêt et la pêche) et la conservation des ressources biologiques. Le chapitre 4 traite des options d'adaptation, en rappelant que ces options sont actuellement limitées par les lacunes dans nos observations et nos connaissances, par un déficit d'innovation, ainsi que par un certain nombre d'obstacles économiques et institutionnels. Enfin, le questionnement du chapitre 5 est centré sur l'étude des vulnérabilités et des capacités d'adaptation des socio-écosystèmes.

La seconde partie aborde l'adaptation au changement climatique des principaux biomes (cultures, prairies, forêts, hydrosystèmes continentaux et océaniques) au regard de leurs usages (agriculture, élevage, sylviculture, pêche et aquaculture, aires protégées) par l'homme. Les sociétés à agriculture de subsistance font l'objet d'un chapitre propre, car la dépendance de ces sociétés vis-à-vis de leur système écologique est quasi-exclusive. Sans viser à être exhaustif, cette partie traite d'exemples

1. Stocker T.F., 2013. The closing door of climate targets. *Science*, 339, 280.

pris dans différentes régions du monde, tout en accordant une place particulière au territoire français.

Enfin, la troisième partie traite des défis de l'adaptation au changement climatique pour l'eau et la qualité des sols, pour la lutte contre l'effet de serre et la production d'énergie à partir de la biomasse, pour la sécurité alimentaire et la compétitivité des filières et, enfin, pour les territoires ruraux.

C'est à ce large tour d'horizon qu'invite cet ouvrage, qui pose aussi en toile de fond la question de notre avenir commun au cours du XXI^e siècle et au-delà.

Partie 1

Approches de l'adaptation au changement climatique

