

COTON ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

IMPACTS ET OPTIONS DE
RÉDUCTION ET D'ADAPTATION



COTON ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

IMPACTS ET OPTIONS DE
RÉDUCTION ET D'ADAPTATION

Résumé à l'intention des services d'information commerciale

ID=42378

2011

SITC-263 COT If

Centre du commerce international (ITC)

Coton et changement climatique : Impacts et options de réduction et d'adaptation.

Genève : ITC, 2011. xii, 36 p. (Document technique)

No. du document MAR-11-200.F

Rapport sur l'interaction entre le coton, le changement climatique et le commerce - analyse l'impact de la production et de la consommation de coton sur le changement climatique ainsi que les options et les mesures d'incitation à la réduction des émissions; étudie également l'impact du changement climatique sur la production de coton ainsi que les possibilités d'adaptation; comprend une bibliographie (p. 33-36).

Descripteurs : **Coton, Production, Changement climatique.**

Pour plus d'information sur ce document technique prendre contact avec M. Kasterine, [kasterine\(at\)intracen.org](mailto:kasterine(at)intracen.org), pour les questions relatives à l'environnement ou M. Knappe, knappe@intracen.org, pour les questions relatives au secteur du coton.

Anglais, français (éditions séparées)

Le Centre du commerce international (ITC) est l'agence conjointe de l'Organisation mondiale du commerce et des Nations Unies.

ITC, Palais des Nations, 1211 Genève 10, Suisse (www.intracen.org)

Les opinions exprimées dans le présent document sont celles de consultants et ne coïncident pas nécessairement avec celles de l'ITC, de l'ONU ou de l'OMC. Les appellations employées dans le présent document technique et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Centre du commerce international aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

La mention de noms d'entreprises ou d'une marque commerciale ne signifie pas qu'elles sont l'aval de l'ITC.

Le présent rapport n'a fait l'objet d'aucune modification par le Centre du commerce international quant à sa rédaction.

Images numériques sur la couverture: © Fleur de coton: flydime (flickr); © Sécheresse: the Italian voice (flickr); © Femmes: Adrien Ranchon (ITC); © Jeans: Artfan Design (flickr)

© Centre du commerce international 2011

De brefs extraits de ce document technique peuvent être librement reproduits, pourvu que la source en soit dûment mentionnée. Une autorisation est nécessaire pour réaliser une reproduction ou traduction plus étendue. Un exemplaire du matériel reproduit ou traduit devra être envoyé à l'ITC.

Remerciements

Ce rapport a été élaboré par un consultant indépendant, Peter Ton, sous la supervision d'Alexander Kasterine, Responsable du programme de l'ITC pour le commerce, le changement climatique et l'environnement, et de Matthias Knappe, Responsable du programme de l'ITC pour le coton, le textile et l'habillement.

Danielle Carpenter Sprungli a coordonné la production, la sous-édition et la mise en page avec Isabel Droste et Juliette Ovelacq.

Les Sections 1 et 2 de cette étude ont été rédigées conjointement par Peter Ton et Alexander Kasterine (ITC).

L'ITC étend sa gratitude aux personnes suivantes, qui ont fait l'objet d'entretiens dans le cadre de cette étude.

- Huseyin Başal (Université Adnan Menderes, Aydin, Turquie)
- Rafiq Chaudhry (Comité consultatif international du coton, États-Unis d'Amérique)
- Nadia El-Hage Scialabba (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Italie)
- Sebahattin Gazanfer (Président du Groupe consultatif sur le secteur privé, Comité consultatif international du coton, Turquie)
- Himmet Geriş (Direction générale, Turquie)
- Bakhtiyar Ibragimov (Institut de chimie bio-organique, Ouzbékistan)
- Andrew MacDonald (AMCON Consulting, Brésil)
- Robert Mensah (Organisation de la recherche scientifique et industrielle du Commonwealth, Australie)
- John Nash (Banque mondiale, États-Unis d'Amérique)
- Patricia O'Leary (Cotton Incorporated, États-Unis d'Amérique)
- Alejandro Plastina (Comité consultatif international du coton, États-Unis d'Amérique)
- Pierre Silvie (CIRAD, France)

L'ITC étend également sa gratitude aux personnes suivantes, qui ont procédé à la relecture de ce texte et ont émis des observations :

- Anders Aeroe, Directeur, Division du Développement des marchés, ITC
- Lloyd Blum (Intern, ITC)
- Pr. Klaus Radunsky, Responsable d'unité au sein du Service d'enregistrement des échanges de quotas d'émissions de l'Umweltbundesamt GmbH (Agence fédérale pour l'environnement), Autriche
- Jens Soth, Organic and Fairtrade Competence Centre, Helvetas, Suisse
- Terry P. Townsend, Directeur exécutif, Comité consultatif international du coton

Table des matières

Remerciements	iii
Acronymes	vii
Résumé	ix
Introduction	1
1. Impact de la production de coton sur le changement climatique	2
1.1. La chaîne de valeur agricole comme source d'émissions de gaz à effet de serre	2
1.2. La chaîne de valeur du coton comme source d'émissions de GES	2
2. Réduction des émissions générées par la chaîne de valeur du coton	7
2.1. Possibilités techniques pour réduire les émissions générées par la transformation et les consommateurs	7
2.2. Possibilités techniques pour réduire les émissions générées par la production	7
2.3. Facteurs d'incitation à la réduction des émissions de la chaîne de valeur du coton	8
2.3.1. Normes d'empreinte carbone des produits	8
2.3.2. Opportunités pour le coton sur le marché du carbone	9
3. Impact du changement climatique sur la production de coton	10
3.1. L'agronomie du coton	10
3.2. Impact des changements climatiques spécifiques	11
3.2.1. Température	11
3.2.2. Niveau de CO ₂	12
3.2.3. Hydraulicité	13
3.2.4. Parasites et maladies	14
4. Impacts du changement climatique sur la production de coton par pays	15
4.1. Chine	15
4.1.1. Production	15
4.1.2. Impact du changement climatique	16
4.2. Inde	18
4.2.1. Production	18
4.2.2. Impact du changement climatique	19
4.3. États-Unis d'Amérique	20
4.3.1. Production	20
4.3.2. Impact du changement climatique	21
4.4. Pakistan	25
4.4.1. Production	25
4.4.2. Impact du changement climatique	25

4.5.	Ouzbékistan	26
4.5.1.	Production	26
4.5.2.	Impact du changement climatique	26
4.6.	Brésil	27
4.6.1.	Production	27
4.6.2.	Impact du changement climatique	27
4.7.	Afrique de l'ouest et Afrique centrale	28
4.7.1.	Production	28
4.7.2.	Impact du changement climatique	28
4.8.	Turquie	29
4.8.1.	Production	29
4.8.2.	Impact du changement climatique	29
4.9.	Australie	30
4.9.1.	Production	30
4.9.2.	Impact du changement climatique	30
5.	Possibilités d'adaptation au changement climatique	31

Bibliographie **33**

Tableau 1.	Facteurs individuels de la production de coton participant aux émissions de GES	5
Tableau 2.	Température maximale moyenne par mois (en °C) pour une saison semestrielle de production de coton	12
Figure 1.	Émissions de CO ₂ e pour la production d'une chemise à manches longues 100 % coton, blanche, taille 40-42	3
Figure 2.	Émissions de gaz à effet de serre pendant le cycle de vie d'un t-shirt	4
Figure 3.	Émissions de gaz à effet de serre générées par la production de coton des États-Unis, et réductions des GES grâce au stockage du carbone dans la fibre et le sol	6
Figure 4.	Principales régions productrices de coton en Chine	15
Figure 5.	Évolutions prévues en Chine pour les années 2080 par rapport à la période de référence (1961–1990) selon le scénario du GIEC (émissions moyennes à élevées)	17
Figure 6.	Superficie des cultures de coton par État en Inde, 2008–2009	18
Figure 7.	Régions productrices de coton aux États-Unis	20
Figure 8.	Rendements de coton à venir probables dans la région sud-est des États-Unis	23
Figure 9.	Nombre de jours où la température est supérieure à 37,8 °C	24
Figure 10.	Prévision d'évolution des précipitations printanières (2080–2099) dans l'ouest des États-Unis	24
Figure 11.	Températures maximales et minimales moyennes dans quatre pays et régions de culture du coton dans un environnement climatique chaud	25

Acronymes

CCNUCC	Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques
CH ₄	méthane
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (centre de recherche français qui travaille en collaboration avec les pays en développement pour appréhender les problèmes agricoles et de développement au niveau international)
CO ₂	dioxyde de carbone
GES	gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GM	génétiquement modifié
ICAC	Comité consultatif international du coton
ICCAC	Impacts du changement climatique sur l'agriculture chinoise
IFPRI	Institut international de recherche sur les politiques alimentaires
ITC	Centre du commerce international
N ₂ O	oxyde d'azote
NCAR	Centre national de recherches sur l'atmosphère
PCF	empreinte carbone des produits
PSAP	Groupe consultatif sur le secteur privé
SEEP	Performances sociales, écologiques et économiques (groupe consultatif de l'ICAC)

Résumé

L'un des grands enjeux du développement consiste à garantir la sécurité alimentaire pour les populations pauvres du monde entier tout en améliorant la viabilité de la production et de la consommation d'aliments et de fibres. Le coton représente une culture importante pour les populations démunies. Les exportations de ces récoltes provenant de pays en développement se sont élevées à 2,8 milliards de \$E.-U. dollars des États-Unis en 2009 et 2010 et ont ainsi assuré le revenu de plusieurs millions d'agriculteurs. La chaîne de valeur du coton participe au changement climatique tout en étant exposée aux impacts de celui-ci. Ce document étudie les menaces que représente le changement climatique pour la production de coton ainsi que les possibilités de réduction et d'adaptation concernant cette évolution.

Impact de la production de coton sur le changement climatique

La production de coton est à la fois actrice et « victime » du changement climatique. La production, la transformation, le commerce et la consommation agricoles participent aux émissions mondiales à hauteur de 40 % si l'on prend en compte la déforestation dans le calcul. La production de coton représente entre 0,3 % et 1 % du total des émissions de GES mondiales.

La production, notamment dans les régions tropicales du monde, semble vouée à subir une hausse des températures, une réduction de l'humidité du sol, des conditions météorologiques plus extrêmes encore, ainsi que des inondations.

Ce rapport synthétise l'impact de la production et de la consommation de coton sur le changement climatique ainsi que les possibilités et les mesures d'incitation à la réduction des émissions. Il analyse également l'impact du changement climatique sur la production de coton ainsi que les possibilités d'adaptation à cette évolution.

Ce rapport n'est pas une étude scientifique formelle de ces impacts, mais cherche davantage à mettre en relief les principaux problèmes et à susciter un débat sur les interactions entre culture du coton, changement climatique et commerce.

Réduction des émissions générées par la chaîne de valeur du coton

Les émissions de gaz à effet de serre dans la chaîne de valeur du coton sont principalement générées lors de la phase d'utilisation par le consommateur (30 % à 60 %) et de fabrication (20 % à 30 %). Les émissions issues de la production de coton représentent seulement 5 % à 10 % du total des émissions.

Aussi, les mesures d'efficacité énergétique, l'éducation des consommateurs, l'innovation technologique et le prix du carbone sont les principaux outils disponibles pour réduire les émissions dans la chaîne d'approvisionnement. Le secteur agricole recherche néanmoins des moyens de réduire ses émissions.

Environ 90 % du potentiel technique de réduction des émissions provenant de la production agricole réside dans la séquestration du carbone dans le sol. Soixante-dix pourcent de ce potentiel se situent dans les pays en développement. L'augmentation de la séquestration du carbone est en majeure partie rendue possible par le passage aux bonnes pratiques agricoles. Les émissions peuvent être davantage réduites moyennant une utilisation plus rentable des intrants (eau, carburants et produits agrochimiques).

Au sein même de la chaîne d'approvisionnement, les détaillants se montrent plus exigeants envers les exportateurs en termes d'empreinte carbone des produits (ECP), et ceux-ci sont tenus de communiquer des informations concernant leurs initiatives de réduction des émissions de carbone. Les possibilités offertes aux agriculteurs sur les marchés du carbone, qui imposeraient aux marchés de payer pour la fourniture de services écologiques tels que la séquestration du carbone, restent aujourd'hui très limitées. La demande en coton biologique est en partie générée par son empreinte carbone plus faible que celle du coton produit à l'aide de produits agrochimiques.

Impact du changement climatique sur la production de coton

L'agriculture est extrêmement vulnérable face au changement climatique. L'augmentation des températures, l'évolution des précipitations et l'accroissement de la prévalence des parasites et des maladies auront pour effet à long terme de réduire les rendements et d'engendrer de mauvaises récoltes. Malgré quelques améliorations localisées en fonction des cultures et des régions, l'ensemble des impacts prévus sur le secteur de l'agriculture devrait être néfaste et, de ce fait, menacer la sécurité alimentaire mondiale. Cette appréciation s'applique largement aux impacts régionaux de la production de coton.

Impacts du changement climatique sur la production de coton par pays

Dans l'ensemble, les impacts négatifs du changement climatique sur la production de coton se rapportent à une réduction des ressources en eau destinées à l'irrigation, notamment dans la région du Xinjiang (Chine), au Pakistan, en Australie et dans l'ouest des États-Unis. Le stress thermique risque d'affaiblir les rendements, en particulier au Pakistan, tandis que dans d'autres pays, la hausse limitée des températures pourrait favoriser la culture des cotonniers et prolonger la saison de croissance du coton. L'augmentation limitée du CO₂ dans l'atmosphère pourrait également favoriser les rendements de coton. Les impacts du changement climatique sur les précipitations seront, selon toute vraisemblance, positifs dans la région du Fleuve Jaune (Chine), en Inde, dans la région sud-est des États-Unis et la région sud-est de l'Anatolie (Turquie). Les impacts sur les précipitations au Brésil et en Afrique de l'ouest et centrale restent incertains.

Le coton est cultivé à des fins commerciales dans plus de 70 pays différents, principalement dans la bande de latitude située entre 37°N et 32°S. Le coton est particulièrement adapté aux environnements arides et semi-arides, où sa culture est alimentée par les eaux pluviales ou l'irrigation. Près de 53 % des zones de culture du coton du monde et 73 % de toutes les zones de culture de fibres font l'objet d'une irrigation complète ou d'appoint.

Le coton affiche une certaine résilience aux fortes températures et à la sécheresse en raison de sa racine pivotante verticale. Toutefois, cette culture est sensible à l'hydraulicité, notamment à hauteur de floraison et de formation de la capsule. La hausse des températures favorise le développement des cotonniers, sauf lorsque les températures en journée excèdent 32° C. L'augmentation limitée du CO₂ dans l'atmosphère favorise également le développement des cotonniers.

Selon les prévisions, les insectes devraient s'adapter au changement climatique grâce à leur capacité d'adaptation de leur température corporelle à la température ambiante. Les insectes qui envahissent actuellement les plants de coton devraient survivre, voire se développer dans d'autres types d'environnements.

Les approvisionnements en coton pourront tirer profit des fortes températures à mesure que de nouvelles zones de production seront mises en place dans des espaces jusqu'alors non utilisés pour la culture du coton. Si les impacts généraux du changement climatique sur la production et le commerce du coton sont très difficiles à prévoir, il reste possible de formuler dès à présent certaines observations :

- La *Chine* est de loin le plus grand producteur et consommateur de coton. La production dans la région ouest du Xinjiang dépend presque entièrement de l'irrigation. L'hydraulicité devrait décliner et la pression sur la consommation d'eau augmenter. Selon toute probabilité, la production le long du Fleuve Jaune devrait baisser à la suite d'un affaiblissement relatif des rendements et de la concurrence des cultures vivrières. La production le long du Fleuve Jaune est très importante et pourra tirer profit d'une saison de croissance prolongée à mesure que les températures augmentent. Les précipitations en Chine devraient s'accroître et favoriser ainsi la production, notamment en association avec l'augmentation limitée de la température et du CO₂ dans l'atmosphère.
- L'*Inde* est le deuxième producteur de coton au monde. La production est répartie sur plusieurs régions et zones agro-écologiques. Les températures devraient augmenter partout en Inde. L'intensité des précipitations pendant la mousson risque de devenir un problème de plus en plus conséquent. La hausse des températures dans les régions déjà chaudes risquent d'entraver le développement du coton et la formation des fruits. La production de coton alimentée par les eaux pluviales pourra pâtir d'une variabilité climatique accrue susceptible d'entraîner des périodes de sécheresse ou d'inondations. Les cultures de coton irriguées, notamment dans le nord de l'Inde,

risquent de se trouver confrontées à une baisse de l'hydraulicité en raison de la réduction en amont des neiges et des glaces provenant des glaciers et des champs de neige de l'Himalaya et du Plateau tibétain.

- Les *États-Unis d'Amérique* sont le troisième pays producteur et le plus grand exportateur de coton du monde. Les rendements de coton devraient augmenter et s'accompagner d'une hausse limitée des températures et du CO₂ dans l'atmosphère. Toutefois, on prévoit également une augmentation du nombre de jours très chauds. Les impacts du changement climatique sur les précipitations sont variables selon les régions. Les zones de culture du coton principalement alimentées par les eaux pluviales dans les régions du sud-est et du centre-sud pourront se trouver confrontées à une intensification des précipitations et à des événements météorologiques extrêmes. La production dans le sud-ouest et l'ouest du pays repose majoritairement sur l'irrigation. Dans ces zones, le problème de l'hydraulicité prendra probablement de l'ampleur en raison de l'épuisement accru des eaux souterraines et de la réduction et de l'irrégularité accrue des eaux de fonte estivales en provenance des Montagnes Rocheuses.
- Selon toute probabilité, le *Pakistan* sera la plus grande victime du changement climatique en termes d'agriculture et de production de coton. Dans ce pays, l'agriculture repose majoritairement sur l'irrigation assurée par l'eau puisée dans le fleuve Indus, qui fournira de moins en moins d'eau à mesure que les glaciers et les champs de neige de l'Himalaya et du Plateau tibétain perdront en volume. Le fleuve Indus joue un rôle très important dans l'activité agricole du Pakistan. Dans cette région, la production de coton se déroule déjà dans des conditions sous-optimales en termes de fortes températures. Les hausses de températures supplémentaires prévues pour la saison de croissance auront pour effet d'affaiblir le rendement.
- *L'Ouzbékistan* pourra éventuellement profiter d'une hausse limitée des températures, à condition d'empêcher la salinisation du sol. L'augmentation des températures du sol à la suite du changement climatique devrait favoriser la production moyennant un démarrage précoce et un terme retardé de la saison de croissance du coton. L'hydraulicité est une contrainte capitale dans la mesure où l'intégralité des cultures de coton ouzbèques est irriguée. La question de la répartition transfrontalière de l'eau est au cœur des préoccupations. Enfin, la monoculture à grande échelle de coton irrigué a entraîné l'épuisement et la salinisation du sol de manière conséquente. Le changement climatique risque d'intensifier le processus de salinisation, avec pour conséquence une réduction du rendement des cultures.
- Le secteur du coton *brésilien* s'est rapidement développé au cours des dix dernières années, à la suite de la mise en culture de nouvelles terres dans le *cerrado*, une vaste savane tropicale concentrée en particulier dans la région du Mato Grosso. On prévoit une hausse des températures au rythme du changement climatique. Les impacts sur les précipitations restent en revanche mal définis car les modèles de climat ne sont pas suffisamment élaborés pour avoir une vision claire de l'avenir. Les prévisions pour l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud tropicale vont d'une réduction de 20 % à 40 % à une augmentation de 5 % à 10 % d'ici 2080. Le développement futur du coton au Brésil dépendra globalement du rythme de la déforestation dans le « *cerrado* », de l'avenir de la production de soja concurrente et de la fertilité du sol à long terme sur les nouvelles terres cultivées.
- Le coton est le moteur économique des économies rurales de nombreux pays francophones d'*Afrique de l'ouest et d'Afrique centrale*. Les politiques de taux de change défavorables découragent actuellement les exportations et les problèmes d'organisation et de restructuration du secteur gênent la croissance de la production de coton. On prévoit une hausse des températures en raison du changement climatique. L'impact sur le rythme des précipitations reste néanmoins mal déterminé pour cette partie de l'Afrique.
- La production de coton en *Turquie* est en baisse en raison des coûts relativement élevés. La consommation de coton dépend fortement des importations opérées par les États-Unis. L'intégralité des cultures de coton turques est irriguée. La moitié du coton est cultivé à proximité de la Méditerranée, dans la région de la mer Égée et au environ d'Antalya. Les hausses de température en Turquie seront plus conséquentes dans la région de la mer Égée. Les précipitations connaîtront une baisse le long des côtes de la mer Égée et de la mer Méditerranée. Toutefois, la majorité du

coton est aujourd'hui cultivée dans la région sud-est de l'Anatolie, où l'hydraulicité à des fins d'irrigation se développe en raison de la construction de nouveaux barrages. Dans cette région, on prévoit une augmentation des températures et des précipitations, malgré une diminution de l'eau de la fonte des neiges et des glaces.

- La production de coton *australienne* est assurée par un petit nombre d'agriculteurs (environ 1 200). La production est de grande ampleur et à forte intensité de capital. Quatre vingt pourcent de la production est irriguée. L'hydraulicité représente un problème grave dans l'état du New South Wales et du Queensland. Les systèmes fluviaux sont actuellement surexploités. La sécheresse de ces dernières années a aggravé encore davantage le problème de l'eau et a fortement limité la production. D'après les prévisions, le changement climatique devrait avoir pour effet d'augmenter les températures à tel point que la saison de croissance pourrait démarrer plus tôt et se terminer plus tardivement, tandis que le nombre d'événements de type « choc au froid » diminuera, et de nouvelles zones de production pourront être développées au Nord, à condition que l'eau soit disponible en quantité suffisante. En revanche, il est probable que le stress thermique augmente et entraîne un affaiblissement du développement du coton et de la formation des fruits.

Possibilités d'adaptation au changement climatique

Le changement climatique modifie l'économie de la production et contraint les communautés rurales d'exploitants de coton à envisager plusieurs stratégies de subsistance, notamment en plantant d'autres cultures et en cherchant d'autres flux de revenus non agricoles. Cela nécessite des interventions complexes et impliquant de nombreuses ressources de la part des initiatives d'aide à l'échelon national et international.

En ce qui concerne la production, le coton affiche une capacité de résistance au stress thermique limitée, via une « croissance compensatoire ». Sa racine pivotante verticale assure une résilience aux périodes de sécheresse, mais le rend vulnérable à l'engorgement. La culture du coton repose en grande partie sur l'irrigation et, par conséquent, sur la disponibilité des eaux souterraines ou de l'eau douce.

Les stratégies d'adaptation possibles comprennent, entre autres :

- La maximisation de la diversification des plantes,
- La flexibilité des dates d'ensemencement,
- L'entretien de la couverture des sols,
- La réduction du travail des sols au minimum,
- La culture de variétés de coton plus résistantes.

Introduction

L'agriculture est à la fois actrice et « victime » du changement climatique.

Jusqu'à 40 % des émissions de gaz effet de serre dans le monde sont imputées à l'agriculture lorsque l'on prend en compte le défrichement dans le calcul.

Le Groupe d'experts intergouvernementaux sur l'évolution du climat (GIEC) prévoit que le changement climatique donnera lieu à une perte conséquente de productivité agricole dans les pays en développement. Le changement climatique influence la production agricole par une hausse des températures, une perturbation des précipitations, une évolution des événements extrêmes générant du CO₂ dans l'atmosphère et une élévation du niveau de la mer. La Banque mondiale, ainsi que d'autres groupes d'experts, annoncent que cet impact sur l'agriculture aura pour effet d'accentuer la pauvreté dans les milieux ruraux, notamment en Afrique et en Asie du Sud.

Le coton représente une culture importante pour les populations rurales démunies. Les exportations de ces récoltes provenant de pays en développement se sont élevées à 2,8 milliards de dollars des États-Unis en 2009 et 2010 et ont ainsi assuré le revenu de plusieurs millions d'agriculteurs. Il est donc important de saisir les possibilités qui s'offrent aux exploitants de coton pour s'adapter au changement climatique et pour réduire le profil d'émissions de GES de la production de coton. Ce rapport expose les principaux impacts du changement climatique sur la production de coton et synthétise les possibilités de réduction et d'adaptation à ceux-ci.

Ce rapport n'est pas une étude scientifique formelle, mais a pour objet de mettre en relief les principaux problèmes et de susciter un débat sur les interactions entre culture du coton, changement climatique et commerce.

1. Impact de la production de coton sur le changement climatique

1.1. La chaîne de valeur agricole comme source d'émissions de gaz à effet de serre

L'agriculture représente environ 14 % du total des émissions de gaz à effet de serre (GES) et participe ainsi aux émissions mondiales de méthane (CH₄) à hauteur de 52 % et aux émissions mondiales d'oxyde d'azote (N₂O) à hauteur de 84 %.

Ces gaz sont les GES les plus pertinents dans le contexte de l'agriculture : le N₂O retient 310 fois plus de chaleur que le CO₂ (dioxyde de carbone) et le CH₄ retient 21 fois plus de chaleur que le CO₂. L'oxyde d'azote est principalement émis par les applications d'engrais et de fumier dans le sol, tandis que le méthane est principalement émis par l'élevage de bétail (fermentation lors de la digestion), la production rizicole et la manipulation de fumier.

Ce chiffre global passe à 30 %–40 % lorsque l'on y inclut la déforestation via le défrichement pour l'agriculture et le commerce de produits agricoles (GIEC, 2007). Les émissions agricoles ont augmenté de 17 % entre 1990 et 2005. Selon Smith *et al.* (2007), les émissions absolues représentaient entre 5,1 et 6,1 gigatonnes (Gt) de gaz équivalents au CO₂ (CO₂e) par an en 2005.

Les émissions agricoles devraient augmenter de près de 40 % d'ici 2030 (Smith *et al.*, 2007) en raison d'une hausse de la demande en denrées alimentaires par une population grandissante et de l'évolution vers des régimes alimentaires favorisant la viande (soit, le bœuf, le veau et l'agneau).

En principe, la terre (et l'eau) pourra(/ont) faire office de « puits » en absorbant le CO₂ contenu dans l'atmosphère. On constate une faible circulation nette de CO₂ entre les terres agricoles et l'atmosphère, générée par la désintégration microbienne et la combustion des déchets végétaux et de la matière organique présente dans le sol.

Les émissions issues des carburants et de l'électricité utilisés dans les activités agricoles sont pris en compte dans d'autres secteurs, notamment le transport et la construction (Smith *et al.*, 2007). Les émissions agricoles augmenteraient encore davantage si l'on prenait en compte la déforestation dans les pays en développement. L'agriculture est une cause majeure de déforestation. Toutefois, le Groupe d'experts intergouvernementaux sur l'évolution du climat (GIEC) n'attribue pas les émissions connexes au secteur agricole.

Le secteur agricole a également la possibilité de freiner le changement climatique, essentiellement en augmentant le taux de séquestration du carbone (en d'autres termes, le taux de stockage du carbone dans le sol) et, à un degré moindre, en réduisant les émissions de certains GES, principalement le N₂O et le CH₄ (Smith *et al.*, 2007). Des économies peuvent être réalisées tout au long de la chaîne d'approvisionnement par plusieurs moyens, notamment en réduisant l'énergie consommée pour l'irrigation, le stockage et la réfrigération, en utilisant des moyens de transport à faible consommation d'énergie, en utilisant des conditionnements plus économes en énergie, en réduisant les pertes dans la chaîne d'approvisionnement, en améliorant la gestion agricole et en économisant l'utilisation d'énergie par les consommateurs.

1.2. La chaîne de valeur du coton comme source d'émissions de GES

Les émissions de GES générées par la production de coton varient fortement d'un pays à l'autre.

Les pays à revenus et rendements élevés tendent à utiliser des systèmes de production intensifs qui reposent fortement sur la consommation de carburants à base de carbone pour l'irrigation, les travaux des champs, ainsi que l'application d'engrais et de pesticides. Dans les pays à faibles revenus, la main-d'œuvre et le bétail sont généralement utilisés pour les travaux des champs à la place du matériel motorisé fonctionnant à l'aide de carburants à base de carbone, ainsi que pour l'application d'engrais et de pesticides, limitant ainsi les émissions de GES par hectare et par produit.

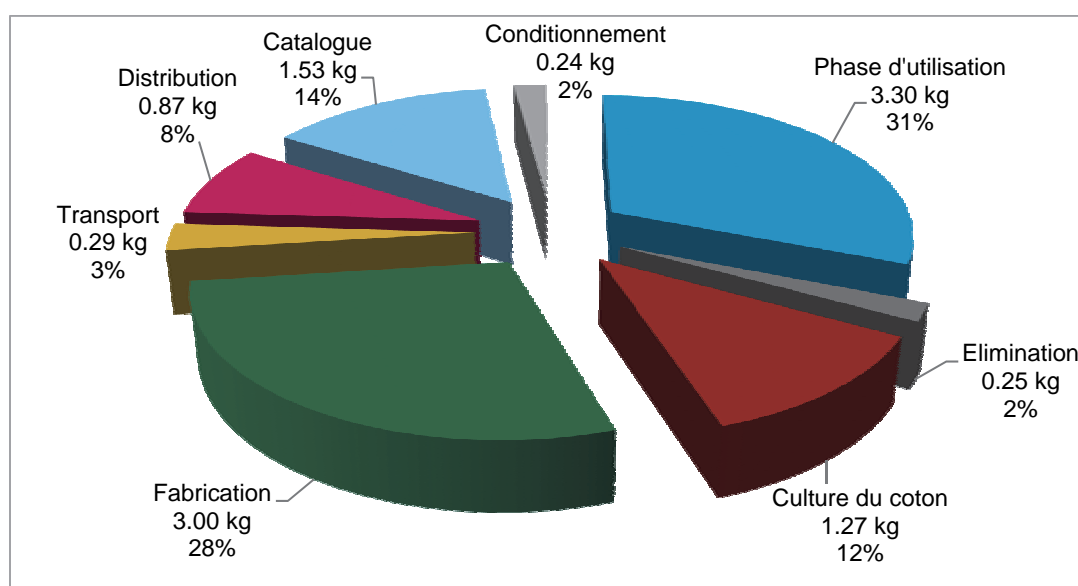
Outre la culture, la chaîne de valeur du secteur du coton inclut toutes les activités y afférentes, comme par exemple le transport des semences, des intrants et de la récolte, l'égrenage du coton, la mise en balle de la fibre de coton et des graines de coton, le pressage des graines de coton pour la fabrication d'huile, et l'acheminement des fibres de coton, de l'huile de coton et des tourteaux de coton auprès de l'acheteur.

Le transport international à base de carburant est important car au moins un tiers de la production mondiale de fibre de coton est exporté depuis son pays d'origine.

L'empreinte carbone d'un produit d'habillement à base de coton peut être déterminée moyennant une analyse du cycle de vie (ACL). Trois études ont été réalisées récemment afin d'étudier les émissions de GES dans la chaîne de valeur du coton.

Comme l'illustre la figure 1, la phase de fabrication et la phase d'utilisation par le consommateur représentent chacune près d'un tiers du total des émissions générées par un t-shirt.

Figure 1. Émissions de CO₂e pour la production d'une chemise à manches longues 100 % coton, blanche, taille 40-42



Source : Systain (2010), *A step in the right direction*, EcoTextilesNews, octobre 2009.

La production de ce vêtement représentait 3 kg de CO₂e. La plupart de ces émissions provenaient de générateurs fonctionnant au gaz naturel au sein des unités de production au Bangladesh. Les émissions sont divisées entre quatre processus : le filage, le tricotage, la teinture et la préparation du vêtement (RMG). Le processus de teinture est sensible au type de carburant utilisé – on observe une évolution du gaz naturel au charbon, moins cher mais dont l'intensité carbonique est plus forte. Toutefois, selon Systain (2010), l'utilisation des capacités produit un effet encore plus conséquent sur l'empreinte carbone. Après plusieurs mois de faible production et, par conséquent, utilisation de produits textiles, les émissions de CO₂e liées à ces produits sont multipliées par deux, car les émissions générées par les consommateurs d'énergie fixe, tels que l'éclairage, les bureaux ou le préchauffage de la chaudière, qui sont indépendantes des variations de production, sont associées à une baisse des rendements.

Le transport du coton vers les champs de production américains, puis vers le Bangladesh et enfin vers les marchés de consommation allemands, représentait seulement 290 grammes de CO₂e (3 % du total des émissions). Ce chiffre passait à 4 kg de CO₂e lorsque le t-shirt était expédié par voie aérienne jusqu'en Allemagne, par exemple en cas de réassort. Cette étude a permis de constater que la distribution de ce vêtement au sein de l'Allemagne entraînait plus d'émissions que la chaîne logistique entrante en provenance du monde entier. Au total, 870 grammes de CO₂e sont associés au transport, à la livraison, à l'entreposage et aux retours intérieurs.

Si l'on suppose que le t-shirt est lavé 55 fois, la phase d'utilisation représente 31 % des émissions. L'étude conclut que, si un ménage sèche automatiquement chaque lessive et repasse le t-shirt après chaque lavage, l'empreinte carbone lors de la phase d'utilisation sera multipliée par trois et passera de 3,3 kg de CO₂e à 10,7 kg de CO₂ kg. L'empreinte carbone du t-shirt sera également modifiée en fonction des éléments suivants :

- La température de lavage;
- Le niveau de chargement de la machine à laver et de la sècheuse;
- Le niveau d'efficacité des appareils;
- Une machine à laver dont le rendement énergétique est A++ réduit d'un tiers les émissions de carbone par rapport à une machine à laver standard. Une température de lavage à 40° C au lieu de 60° C réduit l'empreinte carbone de 45 %. Le remplissage complet de la machine et de la sècheuse au lieu de la moitié du chargement permet également de réduire l'empreinte carbone.

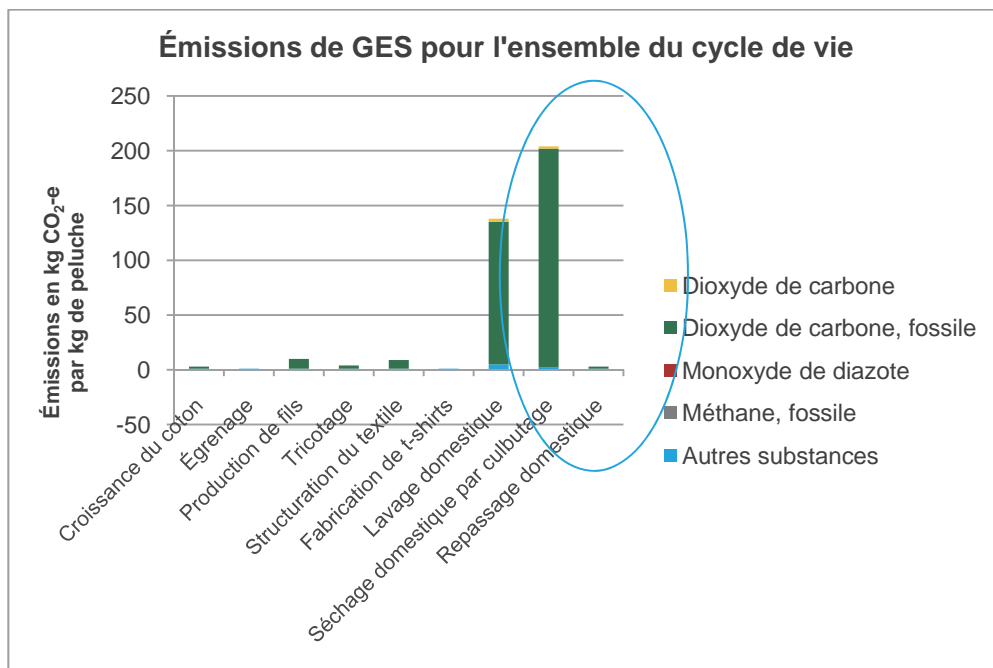
Une étude réalisée par Levi Strauss & Co. (2008) associe une proportion plus élevée d'émissions de GES (pour un jean Levi's 501) à la phase d'utilisation par le consommateur (58 %). Le reste des émissions est attribué aux facteurs suivants :

- 21 % à la production de tissu;
- 9 % à la fabrication du vêtement (coupe/couture/finition);
- 6 % à la logistique/vente au détail; et
- 1 % à la fin de vie du produit.

La part d'émissions attribuée à la production de coton était seulement de 5 % (Levi Strauss & Co., 2008).

Une autre étude, réalisée par Grace (2009), associe un chiffre bien plus important à la phase d'utilisation par le consommateur, avec 98 % des émissions générées par le lavage, le séchage et le repassage (cf. figure 2).

Figure 2. Émissions de gaz à effet de serre pendant le cycle de vie d'un t-shirt



Source : Grace (2009). *The impacts of carbon trading on the cotton industry.*

Séchage domestique par culbutage

Par conséquent, l'assistance et les conseils fournis aux sociétés de transformation afin de rationaliser et réduire leur consommation d'énergie et d'intrants porteront davantage sur l'atténuation du changement climatique que sur les ajustements de la culture du coton.

L'empreinte carbone de la culture du coton en elle-même est difficile à déterminer en raison des conditions de croissance, des pratiques de culture et des rendements de production très différents d'un pays ou d'une région à l'autre. Les méthodologies de mesure et d'attribution des émissions de gaz équivalents au CO₂ varient également et compliquent la génération et l'interprétation des données d'empreinte carbone.¹

Le groupe d'experts du Comité consultatif international du coton (ICAC) sur les Performances sociales, écologiques et économiques (SEEP, 2009) estime que les émissions de GES dans la production de coton sont comprises entre 0,15 et 4 tonnes de CO₂e par hectare. Le tableau 1 indique les émissions générées par la production de coton avec intrants respectivement faibles et élevés.

Tableau 1. Facteurs individuels de la production de coton participant aux émissions de GES

Fonctionnement de l'usine	Intrant faible		Commentaire concernant la production à intrants faibles	Intrant élevé		Commentaire concernant la production à intrants élevés
	kg CO ₂ e/ha	%		kg CO ₂ e/ha	%	
Production d'engrais et de pesticides	0	0 %	Si biologique ou sans engrais	1 263	31 %	Selon les taux d'application énoncés par l'ICAC (2008)
Travail des sols et plantation (carburant destiné aux machines)	0	0 %	Culture attelée, production sans équipement	119	3 %	Sources de données rares; exemples issus des États-Unis
Applications (engrais, pesticides)	0	0 %	Production biologique ou sans équipement	103	3 %	Sources de données rares; exemples issus des États-Unis
Pompes d'irrigation	0	0 %	Alimentée par les eaux pluviales	642	16 %	Sources de données rares; exemples issus des États-Unis
Récolte (sans égrenage ni transport)	0	0 %	Ramassage à la main	89	2 %	Sources de données rares; exemples issus des États-Unis
Émissions d'oxyde d'azote	150	0 %	Alimentée par les eaux pluviales; faible taux de N	1 800	45 %	Calculé sur la base des données de l'ICAC (2008_ et Scheer <i>et al.</i>)
Total des émissions	150	100 %		4 016	100 %	

Source : SEEP (2009).

Les émissions de N₂O participent en majeure partie aux émissions de GES générées par le coton (surtout à travers l'utilisation d'engrais), et sont suivies des émissions générées par la production d'engrais et de pesticides, puis par l'énergie utilisée pour l'irrigation. Les conditions de culture irriguée produisent plus d'émissions de gaz à effet de serre que l'exploitation agricole des terres arides - notamment les émissions de N₂O. Ce chiffre est similaire aux conclusions de Systain (2010) qui *indiquent que, pendant la culture du*

¹ Dans l'exemple du t-shirt (figure 1), la production de fibre de coton a participé aux émissions de CO₂e à hauteur de 6 kg. L'ACL de Levi's, en revanche, associe seulement 1,7 kg d'émissions d'équivalents CO₂ à la production de coton pour un jean 501 bien plus lourd.

coton, la moitié des émissions de GES sont associées au N_2O émis lors de l'utilisation d'engrais minéral, l'autre moitié résultant de la consommation d'énergie, en particulier pour la culture des sols et l'égrenage.

Le tableau 1 indique que les émissions de GES générées par la production de coton, comme par la production agricole en général, dépendent fortement des choix humains concernant la gestion des exploitations, des champs et des récoltes; l'option « biologique » en opposition à l'option « traditionnelle » dans le cas présent.

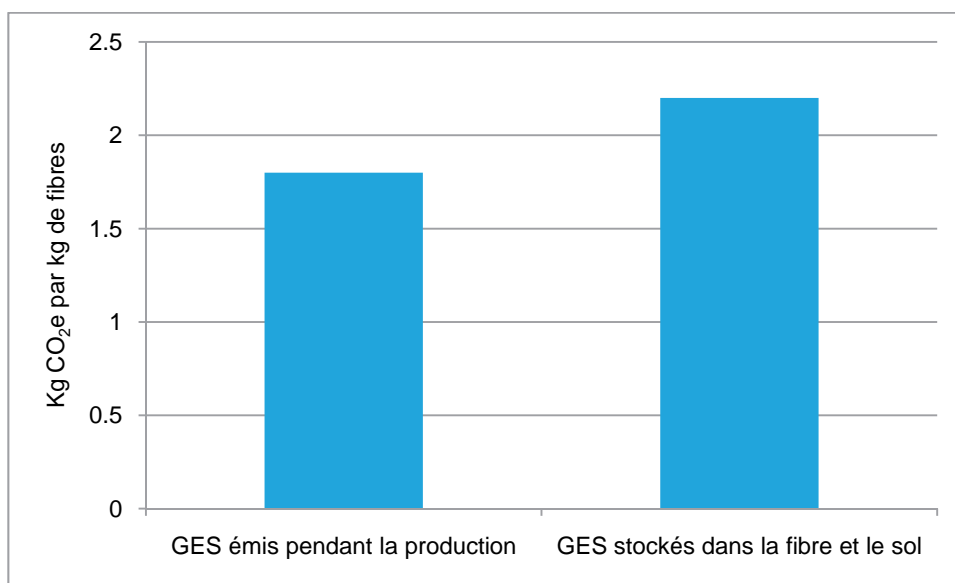
Selon Cotton Incorporated (2009), la production de coton pourrait être considérée comme un « puits de carbone » (cf. figure 3). La quantité de carbone stockée dans la fibre et le sol² est supérieure au total des émissions de GES générées pendant la croissance et l'égrenage de la récolte. Cependant, la fibre de coton ne demeure pas sur la plante. La fibre de coton extraite de la plante porte la majeure partie du carbone fixé. Le coton émet donc des émissions de GES tout au long du cycle de vie du t-shirt.

Lors du processus de production de coton, une plus grande quantité de CO_2e est séquestrée dans la fibre et le sol que la quantité de GES CO_2e émise dans l'atmosphère.

Ces données indicatives illustrent clairement les difficultés rencontrées pour déterminer l'empreinte carbone de la fibre de coton provenant d'un pays, d'une région ou d'un système de production donnés en termes de définition, de mesure et d'attribution.

Un travail de recherche supplémentaire est requis pour générer des données fiables, cohérentes et complètes qui permettront de définir une méthode comparative globale.

Figure 3. Émissions de gaz à effet de serre générées par la production de coton des États-Unis, et réductions des GES grâce au stockage du carbone dans la fibre et le sol



Source : Cotton Incorporated (2009), Résumé des données d'inventaire de cycle de vie pour le coton.

² Par exemple, la teneur en carbone de 42 % dans la fibre de coton ajoutée à la quantité de carbone stockée dans le sol (Cotton Incorporated, 2009).

2. Réduction des émissions générées par la chaîne de valeur du coton

2.1. Possibilités techniques pour réduire les émissions générées par la transformation et les consommateurs

Les analyses du cycle de vie et de l'empreinte carbone proposées dans la Section 1.2 ont mis en lumière les « points critiques » des émissions de GES dans la chaîne de valeur du coton. Une plus grande transparence de la chaîne de valeur en termes d'émissions permettrait d'identifier des mesures à prendre pour réduire les émissions. Les principales mesures dans ce domaine sont les suivantes :

- Introduction par les gouvernements de politiques de tarification du carbone afin d'intégrer pleinement au coût de l'énergie les détériorations générées par son utilisation sur l'environnement et de stimuler le développement et l'adoption de technologies éconergétiques et fonctionnant à base d'énergie renouvelable.
- Information du consommateur sur le climat et les avantages financiers que présentent la réduction des températures de lavage, le recours à un chargement plein, l'utilisation d'un fil à linge pour sécher les vêtements et l'adoption d'une machine à laver et d'une sècheuse à faible consommation d'énergie.
- Assistance et conseils aux sociétés de transformation sur l'adoption de technologies moins consommatrices d'énergie.
- Assistance et conseils aux agriculteurs concernant une utilisation plus efficace des engrais azotés et/ou l'adoption de pratiques agricoles à faibles intrants/biologiques.
- En considération de la proportion élevée d'émissions générées par la phase d'utilisation par le consommateur et la phase de fabrication, il convient de donner la priorité à la prise de mesures dans ces domaines de la chaîne d'approvisionnement.

2.2. Possibilités techniques pour réduire les émissions générées par la production

Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), il existe un potentiel technique considérable de réduction des émissions générées par l'agriculture. Quatre-vingt neuf pourcent de ce potentiel résident dans la séquestration du carbone dans le sol. Cette réduction est possible moyennant une évolution vers les bonnes pratiques agricoles.

La notion de réduction renvoie aux possibilités de limitation du changement climatique, entre autres, par une diminution des émissions des gaz à effet de serre (GES) tels que le dioxyde de carbone, le méthane et l'oxyde d'azote, ou par l'élimination de certains gaz à rétention de chaleur présents dans l'atmosphère. La réduction des émissions diminuera l'ampleur du changement climatique, ses impacts ainsi que le rythme auquel ils se manifestent³. (Karl *et al.*, 2009).

À l'échelle de l'exploitation agricole, il existe trois principaux moyens de réduire les émissions de GES générées par l'agriculture :

- Une amélioration de la gestion des cultures et des terres de pâturage afin d'augmenter le stockage du carbone;
- Une amélioration des techniques de culture rizicole et d'élevage afin de réduire les émissions de méthane;

³ Toutefois, une certaine proportion du changement climatique et les impacts qui en découlent perdureront en raison des effets des gaz déjà libérés dans l'atmosphère. Tout d'abord, certains gaz sont très persistants et les concentrations de gaz à rétention de chaleur dans l'atmosphère resteront élevées pendant plusieurs siècles. Ensuite, les océans de la planète ont absorbé une grande partie de la chaleur intégrée au système et la retiendront durant de nombreuses décennies (Karl *et al.*, 2009).

- Une amélioration des techniques d'application d'engrais azotés afin de réduire les émissions d'oxyde d'azote (GIEC). Une intensification de l'agriculture peut contribuer à réduire la vitesse de conversion des forêts naturelles en terres de pâturage et agricoles.

La culture de coton occupe près de 2,5 % des terres arables du monde (Cotton Incorporated, 2009) et serait, de ce fait, associée à environ 0,1 %-0,3 % des émissions de GES mondiales. Par conséquent, elle ne constitue pas une source majeure d'émissions de GES. Pourtant, la culture du coton peut participer à l'atténuation du changement climatique, notamment *en améliorant l'efficacité et en réduisant les émissions par une utilisation plus efficace des carburants à base de carbone et des intrants qui en résultent (eaux d'irrigation, engrais, pesticides, etc. et adoption de pratiques à faibles intrants ou biologiques)*.

À l'échelle des champs, les mesures de réduction suivantes peuvent être identifiées afin d'accroître l'efficacité des cultures de coton en termes de rendement par unité de GES émise :

- Une réduction au minimum du travail des sols sur les terres de culture du coton afin d'empêcher les émissions du sol dans l'air;
- Une réduction au minimum de la mécanisation et du transport fonctionnant à l'aide de carburants à base de carbone;
- Une réduction au minimum de l'utilisation d'engrais synthétiques en général et d'engrais azotés en particulier, qui sont d'importantes sources d'émissions de N₂O;
- Une réduction au minimum de l'utilisation d'eaux d'irrigation, en raison de sa consommation de carburants à base de carbone, et une réduction de la concurrence dans l'approvisionnement de l'homme et de la nature en eau douce;
- Une réduction au minimum de l'utilisation de préparations industrielles telles que les pesticides, les herbicides et les défoliants en raison de leur consommation de carburants à base de carbone;
- Une réduction au minimum de la combustion des résidus de récolte du coton lorsque cette technique est encore utilisée et le recyclage de ces déchets à des fins de gestion de la fertilité du sol lorsqu'ils ne sont pas utilisés comme carburant pour cuisiner ou chauffer les habitations;
- L'adoption de pratiques agricoles biologiques réalisables.

2.3. Facteurs d'incitation à la réduction des émissions de la chaîne de valeur du coton

Une augmentation du coût de l'énergie au moyen de politiques de tarification du carbone aura pour effet de réduire les émissions générées par la chaîne de valeur du coton et de fournir des facteurs incitant les consommateurs et les entreprises de transformation à se montrer plus efficaces dans leur utilisation de l'énergie et ainsi réduire l'empreinte carbone de l'article en coton tout au long de son cycle de vie. Comme souligné plus haut, la majorité des émissions résultent de l'utilisation de l'énergie par les consommateurs, le transport et la transformation.

À l'échelle de la production, on observe plusieurs facteurs d'incitation des producteurs de coton et des entreprises de transformation à réduire leurs émissions. Ces facteurs comprennent notamment les exigences imposées aux détaillants en termes de respect des normes d'empreinte carbone des produits et de marchés du carbone volontaires.

2.3.1. Normes d'empreinte carbone des produits

En réponse aux préoccupations relatives au changement climatique, les détaillants et les fabricants exigent de plus en plus que les fournisseurs leur communiquent des informations concernant les émissions de GES générées dans la chaîne d'approvisionnement, c'est-à-dire lors de la production, de la transformation, du transport, de la vente et de l'utilisation du produit. Le résultat de ces calculs est désigné par empreinte carbone du produit (PCF).

Ces informations sont utilisées en interne pour permettre aux entreprises d'identifier les « points critiques » du carbone dans la chaîne d'approvisionnement et de communiquer l'empreinte carbone des produits aux consommateurs.

Les PCF sont différentes des évaluations de GES réalisées à l'échelle des projets, des sociétés, des chaînes d'approvisionnement, des municipalités, des nations ou des particuliers. La désignation d'empreinte carbone des produits est actuellement soumise à des normes privées et des dispositifs de certification gérés par de petites entreprises de conseil à but lucratif ou non lucratif et, dans quelques rares cas, par de grands détaillants et fabricants. Ils affichent d'importantes différences en termes d'envergure et de couverture des produits, de type de revendication (le cas échéant) et de certification proposée, de méthodes d'évaluation des GES, de méthodes de communication ainsi que de niveaux et moyens de vérification et de transparence (Bolwig et Gibbon 2009).

Les consommateurs manifestent un certain intérêt pour les informations concernant la PCF et semblent indiquer une préférence probable pour les produits et entreprises à étiquetage carbone, le reste étant apprécié à valeur égale. Il est également probable qu'une minorité d'entre eux soit disposée à payer un supplément de prix pour les produits dont l'empreinte carbone est considérablement réduite. En revanche, les consommateurs se montrent également sceptiques en ce qui concerne la crédibilité des revendications écologiques formulées par les détaillants et les fabricants, et affichent une préférence pour les produits vérifiés par des tiers (Bolwig et Gibbon 2009).

2.3.2. Opportunités pour le coton sur le marché du carbone

Les agriculteurs exigent des motifs économiques forts pour adopter des pratiques agricoles écologiques. Toutefois, ces facteurs d'incitation à la réduction des émissions générées par l'agriculture se révèlent faibles ou inexistantes. Cette faiblesse s'explique principalement par l'absence de structure solide pour le suivi, la communication et la vérification (MRV) des réductions d'émissions (Kasterine et Vanzetti, 2010). Sans MRV, il semble difficile pour les autorités de réglementation d'instaurer un marché du carbone crédible pour l'agriculture.

Dans l'Union européenne, un marché du carbone obligatoire appelé Système communautaire d'échange de quotas d'émission (SCEQE) est en place pour les grands consommateurs d'énergie industriels. Toutefois, le secteur de l'agriculture ne remplit pas actuellement les conditions requises pour accéder à ce système.

Le Clean Development Mechanism (CDM – mécanisme de développement propre) permet aux pays développés d'acheter des « crédits » carbone (des réductions d'émissions certifiées) auprès des pays en développement au lieu de procéder à leurs propres réductions d'émissions. Ce système inclut l'agriculture, mais les projets sont pour l'instant limités et orientés vers la capture de méthane.

Il est néanmoins peu probable que le secteur de l'agriculture soit prochainement inclus dans les mécanismes obligatoires d'échange de crédits carbone. Il est possible que des mécanismes basés sur les marchés volontaires émergent et prennent en compte l'agriculture, certains systèmes de production et/ou certaines cultures. Aux États-Unis, le secteur du coton étudie actuellement la façon dont le développement de projets de réduction des GES, comme par exemple la culture sans labour et sans couverture, pourrait générer des crédits compensatoires susceptibles de créer un bénéfice net pour les exploitants de coton (Agricultural Working Group, 2010).

Des initiatives « ascendantes » sont déployées afin de trouver des moyens de récompenser les agriculteurs qui parviennent à réduire leur empreinte carbone :

- 40 % des projets menés dans le cadre de la norme Chicago Climate Exchange financent des systèmes d'exploitation agricole (compensation des émissions de méthane et de carbone dans le sol), en particulier via le travail des sols herbeux et l'agriculture sans labour.
- Les producteurs de soja génétiquement modifié (GM) demandent la prise en compte du carbone qu'ils séquestrent au moyen de pratiques agricoles de conservation, ce qui, dans leur cas, consiste en une agriculture sans labour après désherbage à l'aide d'herbicides et la culture de variétés GM tolérant les herbicides.

- Le mouvement en faveur d'une agriculture biologique vise la prise en compte de la séquestration du carbone moyennant des pratiques agricoles à faibles intrants extérieurs, c'est-à-dire sans recours aux engrais, herbicides ou pesticides synthétiques utilisant des carburants à base de carbone⁴. Le secteur biologique peut s'enorgueillir d'un système de certification élaboré susceptible de faciliter l'inclusion dans les systèmes d'échange de crédits carbone.

3. Impact du changement climatique sur la production de coton

L'agriculture est extrêmement vulnérable face au changement climatique. La hausse des températures finit par réduire les rendements des cultures souhaitables tout en favorisant la prolifération des mauvaises herbes et des parasites. L'évolution du rythme des précipitations accentue le risque de cultures déficitaires à court terme et de baisses de production à long terme. Malgré quelques améliorations localisées dans certaines cultures de certaines régions du monde, l'ensemble des impacts du changement climatique prévus sur le secteur de l'agriculture devrait être néfaste et, de ce fait, menacer la sécurité alimentaire mondiale (IFPRI, 2009).

Le changement climatique affectera la production de coton suite à la hausse des concentrations de CO₂ et des températures. Ces deux évolutions déclencheront une autre série de mesures qui impacteront directement et indirectement la production de coton, par exemple via l'hydraulicité et l'incidence des parasites et des maladies sur les plants de coton. Ci-après est présenté un état des lieux de la gravité de ces mesures et impacts sur la culture du coton.

3.1. L'agronomie du coton

Le coton est une plante perpétuelle par nature, mais est cultivée depuis longtemps sous forme de culture annuelle. Les variétés aujourd'hui cultivées à des fins commerciales appartiennent à quatre espèces de *Gossypium*. *Gossypium hirsutum*, ou coton velu, produit la majeure partie du coton utilisé dans le monde. *G. barbadense* arrive en deuxième place. Il est associé à une longueur de fibre importante. Le coton est principalement cultivé dans la bande longitudinale située entre 37°N et 32°S, mais sa culture a été étendue jusqu'au 45°N en Chine (Chaudhry & Guitchounts, 2003).

Le coton pousse dans des conditions de culture favorables en termes de température, d'ensoleillement et d'humidité du sol. Une saison sèche marquée est également essentielle pour permettre une ouverture appropriée des capsules ainsi qu'une bonne récolte.

Le cotonnier, une fois implanté, développe rapidement une racine pivotante verticale qui assure une résilience à la sécheresse pendant la saison de croissance. La racine pivotante verticale permet à la plante d'accéder aux couches inférieures du sol ainsi qu'à des nutriments auxquels les cultures de céréales telles que le maïs, le sorgho ou le millet n'ont pas accès. Cette faculté fait du coton une plante particulièrement utile pour les rotations des cultures. Pourtant, la racine pivotante verticale sensibilise le coton au stress généré par l'engorgement qui fait suite aux inondations ou aux fortes pluies.

Le coton requiert au total 105 à 125 jours d'humidité du sol suffisante pour pousser. Dans les régions tropicales, 2 à 4 mm d'eau par jour sont nécessaires au début et à la fin de la période de croissance, tandis qu'à hauteur de floraison, 5 à 7 mm par jour sont nécessaires en fonction de la zone climatique. Aussi, 500 à 700 mm d'eau sont suffisants pour que la culture se développe pleinement. Toutefois, la culture de coton alimentée par les eaux pluviales ne peut en pratique se développer que dans les régions où les précipitations annuelles moyennes atteignent au moins 700 mm, car la variabilité des précipitations interannuelles et intra-annuelles, ainsi que la quantité d'eau de ruissellement qui en découle, doivent être prises en compte (Sément, 1988).

Le coton résiste aux conditions de croissance sous-optimales. Il réagit à la perte de végétation ou d'éléments de fructification (bourgeons, fleurs, capsules) en opérant une croissance dite

⁴ Soth (2009), par exemple, a calculé que les exploitants de coton biologique d'Afrique de l'ouest réduiraient l'empreinte carbone de leur coton avec 1 à 3,2 tonnes de CO₂e par hectare. Si l'on ne tient pas compte des coûts de transaction et de certification, ce chiffre se traduira, au prix actuel du marché du carbone (15 euros/tonne), par un revenu supplémentaire par hectare compris entre 4 % et 14 %.

« compensatoire ». Le cotonnier tente rapidement de compenser une éventuelle perte de bourgeon, fleur ou capsule en produisant davantage de bourgeons, voire en retenant les bourgeons qui, sans cela, auraient également été perdus (Chaudhry & Guitchounts, 2003).

3.2. Impact des changements climatiques spécifiques

Les cotonniers réagissent aux évolutions subies par leur environnement. La réaction varie en fonction du stade de développement de la plante. Les principaux stades de développement du cotonnier sont les suivants : (a) conditions au moment de la plantation; (b) développement de la plante en début de saison; (c) floraison, (d) formation des capsules et (e) conditions en fin de saison⁵.

3.2.1. Température

Le changement climatique provoque une hausse des températures moyennes, une évolution du cycle de l'eau et des rythmes des précipitations, ainsi qu'une intensification de certains événements météorologiques extrêmes.

Selon les régions, une hausse des températures risque, par exemple, de prolonger la saison de croissance et accroître les précipitations ou de diminuer les précipitations et écourter la saison de croissance. Les événements météorologiques extrêmes risquent d'affecter les plants à tout moment de la saison et sont, par définition, difficiles à prévoir.

La hausse des températures pourra toucher diverses régions de manières différentes. Des températures du sol peu élevées au moment de la plantation entravent la plantation de coton en temps opportun dans de nombreux pays. La hausse des températures sera profitable aux pays et régions qui seront en mesure de planter du coton bien plus tôt dans l'année qu'aujourd'hui.

Inversement, la hausse des températures dans les zones et régions productrices de coton qui subissent déjà les méfaits de températures élevées pourrait avoir un impact néfaste dû à l'augmentation de la perte de bourgeons. Pourtant, la hausse des températures pourrait avoir un effet positif sur les rendements dans les zones et les régions dont la période de fructification efficace est intégrée entre deux phases de baisse des températures : l'une en début de saison pour déclencher une floraison et une formation des capsules efficaces, l'autre à maturité pour finaliser la formation des fruits.

La retenue des capsules est plus sensible aux températures élevées qu'aux autres conditions, à l'exception du manque de nutriments, qui reste relativement simple à rectifier. S'il n'est pas possible d'éviter les effets de la hausse des températures, cette condition peut provoquer la perte de bourgeons, qui est la principale cause de perte de fruits (Reddy *et al.*, 1999). Reddy *et al.* (1999) ont également noté que les régimes de température affectent le développement des capsules : la taille des capsules et la période de maturation diminuent à mesure que la température augmente.

Reddy *et al.* (2000; cités dans l'ICAC, 2007) ont déterminé que la croissance des capsules diminuait fortement et que les fruits tombaient 3 à 5 jours après la floraison à des températures supérieures à 32° C. Ainsi, le seuil maximal de floraison et de fructification du coton est de 32° C. Cependant, en se rapportant à la température maximale moyenne par mois, l'ICAC (2009) souligne que la production de coton est actuellement viable dans certains environnements plus chauds (cf. figure 10).

Le tableau 2 indique que le coton est cultivé de manière efficace à 28,2° C en Chine et à 37,6° C en Inde, à 36,8° C au Pakistan et à 41,8° C au Soudan. La valeur de 41,8° C n'a pas été établie comme seuil maximal mais, d'expérience dans de nombreux pays, notamment en Inde, au Pakistan et en République arabe syrienne, le stress thermique représente une importante contrainte à l'augmentation des rendements. Ces pays ont su développer avec succès des variétés tolérant la chaleur dans les années 1970 et 1980.

⁵ Ce paragraphe est en grande partie inspiré des données de l'ICAC (2007), Global warming and cotton production – Part 1.

Tableau 2. Température maximale moyenne par mois (en °C) pour une saison semestrielle de production de coton

Pays	Mois						Moyenne
	1	2	3	4	5	6	
Turquie (Sud-est de l'Anatolie)	20	27	33	38	38	33	31,5
Chine (Henan)	21	28	32	31	30	27	28,2
États-Unis d'Amérique	24	28	32	34	33	30	30,2
Australie	27	30	33	34	33	31	31,3
Argentine (Chaco et Formosa)	30	33	34	34	32	32	32,5
Inde (Nord)	36	41	40	36	36	36	37,5
Pakistan (Penjab)	40	40	37	36	35	33	36,8
Soudan (Gezira)	41	42	42	42	42		41,8

Source : ICAC (2009), Global warming and cotton production – Part 2.

Les pays répertoriés dans le tableau 2 couvrent près des trois-quarts de la zone mondiale de production de coton, et nombre d'entre eux seront en mesure de produire du coton à des températures légèrement plus élevées que les moyennes actuelles. Si le réchauffement climatique se poursuit, les cinq premiers pays pourraient en constater l'impact positif sur les rendements suite à une hausse des températures de seulement quelques degrés Celsius. Inversement, il semble que les régions qui produisent déjà du coton à des températures proches de 40° C se trouveraient alors désavantagées. Leurs saisons de croissances sont déjà plus longues et toute hausse des températures risquerait d'entraîner la stérilité et d'entraver la formation des capsules. Les cultures dans ces pays devront être centrées sur la tolérance à la chaleur (ICAC, 2009).

La hausse des températures aura non seulement un effet complexe sur la croissance et le rendement des plantations, selon le site, mais aussi sur les caractéristiques des fibres. Les ouvrages à disposition révèlent qu'une hausse des températures pourrait donner lieu à une augmentation des valeurs micronaires (la taille d'une fibre de coton individuelle mesurée en coupe transversale), à un renforcement de la fibre et une meilleure maturation des fibres. Si les valeurs micronaires supérieures ne sont pas une caractéristique souhaitable lorsqu'elles sont déjà proches du seuil maximal, elles peuvent néanmoins avoir un effet favorable dans les zones caractérisées par du coton à faible micronaire et à faible maturité (ICAC, 2007).

3.2.2. Niveau de CO₂

Une augmentation des taux de CO₂ à proximité de la plantation de coton aura pour effet d'intensifier l'activité photosynthétique. Le coton se développera avec plus de vigueur à mesure que la quantité de CO₂ dans l'air augmentera⁶. Les feuilles seront probablement plus grandes et fourniront ainsi aux plants une surface photosynthétique élargie, ce qui facilitera la croissance ultérieure.

Si le taux de CO₂ dans l'atmosphère augmente, il est probable qu'un nombre plus important de rameaux et de sites de fructification se développera, ce qui aura finalement pour effet de produire des rendements de peluches plus élevés (ICAC, 2007). Toutefois, l'intensification de la photosynthèse favorisera la croissance végétale. La croissance végétale pourra se traduire par une augmentation du rendement de fibres, mais la croissance reproductive n'est pas automatique. En outre, l'impact du CO₂ dans l'atmosphère sur la croissance est subordonné à la température. Selon Reddy *et al.* (1998), à des températures supérieures à 30° C, la majeure partie de la fructification ne s'est pas finalisée, quelle que soit la concentration en CO₂ (ICAC, 2007).

Une hausse des niveaux de photosynthèse exprimée sous la forme d'une croissance accrue peut entraîner une augmentation de la demande en intrants, notamment en eau et en nutriments dans le sol, en

6 Schlenker & Roberts (2006) soulignent cependant que l'ampleur de la fertilisation au CO₂ fait encore l'objet de discussions. « Aujourd'hui, les effets possibles du CO₂ sur le changement climatique ne sont pas suffisamment connus. (...) les études en laboratoires existantes ainsi que les expériences de terrain pourraient surestimer cet effet ».

particulier si l'équilibre penche vers la croissance végétale. Dans les zones de production marginales en particulier, où l'eau n'est pas disponible en quantité suffisante, le résultat pourrait être très néfaste (ICAC, 2007).

L'augmentation de la quantité de CO₂ dans l'atmosphère pourrait également entraîner une croissance plus vigoureuse des mauvaises herbes. Lorsque le coton est au stade de plantule, la concurrence avec les mauvaises herbes est critique. En dépit d'une plantation et d'un développement du coton plus précoces à mesure que les températures augmentent, le même rythme de développement pourra être observé chez les mauvaises herbes. Les périodes critiques de développement du coton et des mauvaises herbes coïncideront. Contrairement au coton, qui est une plante de catégorie C3 (classification qualifiant la façon dont la plante fixe le carbone; dans des conditions appropriées, ces plantes absorbent plus de dioxyde de carbone, mais les pertes de carbone via la photorespiration sont importantes), la plupart des mauvaises herbes sont des plantes de catégorie C4 et réagissent moins au CO₂ (les plantes C4 *absorbent encore plus de dioxyde de carbone que les plantes C3*, ce qui réduit, et parfois élimine, les pertes de carbone par la photorespiration. Ainsi, le coton peut lutter contre les mauvaises herbes de manière plus efficace dans des conditions où l'approvisionnement en eau et en nutriments est suffisant (Kaynak, 2007).

Pourtant, le changement climatique impactera l'intégralité de la relation entre coton et mauvaises herbes. Le changement climatique bénéficiera probablement davantage aux mauvaises herbes en raison du développement plus important des variations génétiques et des adaptations écologiques sélectives chez les mauvaises herbes que chez les plantes cultivées (Grenz et Uludag, 2006). Il est possible que certaines espèces de mauvaises herbes existent déjà dans les zones cotonnières, sans être considérées comme des espèces importantes à ce jour. Les espèces de mauvaises herbes porteuses de caractéristiques tropicales peuvent tirer profit de la hausse des températures et devenir des espèces dangereuses (Kaynak, 2007). Le désherbage prendra alors davantage d'importance dans la réalisation d'un développement et d'un rendement optimaux de cotonniers.

En vue de températures plus élevées, de la sécheresse et de l'humidité, le désherbage prendra davantage d'importance dans la réalisation d'un développement et d'un rendement optimaux. De surcroît, les taux de CO₂ dans l'atmosphère et la hausse des températures pourront également avoir un impact sur l'efficacité de certains outils de gestion des parasites actuellement utilisés, notamment certaines variétés de graines ou certains insecticides. Wu *et al.* (2007) signalent que le coton *Bacillus thuringiensis* (Bt) génétiquement modifié enregistre moins de toxine Bt après exposition à une quantité plus importante de CO₂, ce qui pourrait modifier les interactions entre la plante et la capsule. Karl *et al.* (2009) déclarent qu'une hausse des températures réduit l'efficacité de certaines catégories de pesticides (pyréthroïdes et spinosad).

3.2.3. Hydraulicité

Les plantes ont besoin d'une quantité d'eau appropriée pour croître et maintenir leur température dans une plage optimale. Sans eau pour se refroidir, les plantes risquent de souffrir de stress thermique. Dans de nombreuses régions, les eaux d'irrigation permettent de maintenir des conditions de croissance et de température adéquates pour le coton. La quantité et la durée de l'hydraulicité pendant la saison de croissance, assurées par les précipitations ou l'irrigation, sont essentielles pour la culture du coton. Toute augmentation de la variabilité de l'approvisionnement en eau affectera la croissance végétale et réduira les rendements (Karl *et al.*, 2009).

L'irrigation revêt une importance capitale pour la production actuelle de coton. La surface cotonnière consacrée à l'irrigation est déjà importante; près de 53 % de la surface totale (Soth *et al.*, 1999; cités dans Chapagain *et al.*, 2005). Cependant, les rendements de coton irrigué sont largement supérieurs (3 000 à 4 000 kg de coton/ha) à ceux de la culture de coton alimentée par les eaux pluviales (1 000 à 2 000 kg de coton/ha). Par conséquent, pas moins de 73 % de la production mondiale de fibres de coton a été cultivée dans certaines conditions d'irrigation (irrigation complète ou d'appoint).

L'irrigation est particulièrement importante dans la province chinoise de Xinjiang et le long du Fleuve Jaune (Henan, Hebei, Shandong), dans la partie sud-ouest des États-Unis, dans la vallée de l'Indus au Pakistan, dans l'État indien de Gujarat, en Ouzbékistan, en Turquie orientale, en Égypte, en Israël, au Pérou et en Australie. La culture de coton alimentée par les eaux pluviales est prédominante le long du fleuve Yangtze en Chine (Hubei, Jiangsu), dans les plaines texanes et dans le sud-est des États-Unis,

dans la plupart des États d'Inde, en Turquie occidentale, au Brésil, en Argentine et dans les États producteurs de coton à l'ouest et au sud de l'Afrique.

À mesure que la demande et la concurrence augmentent en matière d'approvisionnement en eau douce, l'hydraulicité pourra, dans de nombreux pays, devenir un facteur important de limitation de la production de coton. Dans l'ensemble, le secteur de l'agriculture est de loin le premier consommateur d'eau douce, principalement à des fins d'irrigation, avec une consommation s'élevant à environ 70 % du total. L'ampleur de la consommation d'eau par le secteur agricole à des fins d'irrigation suppose que toute pression exercée sur les ressources d'eau douce par d'autres secteurs de la société se traduira immédiatement par une pression exercée sur l'agriculture pour qu'elle réduise son empreinte hydrique actuelle.

La part du coton dans l'empreinte hydrique du secteur agricole mondial⁷ est estimée à 3 % (Hoekstra et Chapagain, 2007). Cette part est proportionnelle aux 2,5 % d'utilisation mondiale des terres par la culture de coton (Cotton Incorporated, 2009), mais sera naturellement très prononcée dans les grandes zones de production irriguée. La culture du coton a un impact à la fois quantitatif et qualitatif sur l'eau douce, par la présence d'engrais et de pesticides dans les effluents, et joue également un rôle considérable dans la dégradation des sols par l'accroissement de la nappe phréatique et l'accumulation de sel dans les sols de surface (WWF, 2005).

Lorsque la pression démographique est élevée et que les ressources foncières sont limitées, comme en Chine et dans de nombreuses régions d'Inde, la concurrence entre les cultures vivrières en termes de terrain et d'eau a un impact plus marqué sur l'envergure et la répartition régionale de la production de coton.

3.2.4. Parasites et maladies

Les insectes représentent une menace reconnue pour la production de coton partout dans le monde. La plupart des insectes peuvent adapter la température de leur corps à la température ambiante. L'effet du réchauffement climatique sur les organismes vivants est suffisamment lent pour que les insectes de coton aient le temps de s'adapter à la hausse des températures et aux autres changements provoqués par le réchauffement climatique. Ainsi, les insectes qui envahissent actuellement les plants de coton devraient survivre, voire se développer dans d'autres types d'environnements (ICAC, 2007).

Nombreux sont ceux qui redoutent l'impact du réchauffement climatique sur le métabolisme des insectes qui pourrait leur permettre d'accroître leur taux de prolifération. La hausse des températures ouvrira de nouvelles zones de colonisation par les insectes, qui seront plus nombreux à se propager dans de nouvelles régions. Un accroissement des populations d'insectes actuellement importants, tels que les vers de capsule, pourra également se produire en raison de l'augmentation des taux de prolifération, ainsi qu'avec l'élimination de la nécessité d'observer une diapause pendant l'hiver pour éviter les températures trop basses. Ces effets pourront prendre davantage d'ampleur dans les environnements où d'autres plantes-hôtes sont déjà disponibles pour l'hivernage (ICAC, 2007).

Le réchauffement climatique pourrait également avoir un impact sur la lutte contre les maladies de trois manières différentes : via son effet sur les pathogènes; en créant des environnements conciliables avec les maladies; et en touchant les tissus hôtes. On craint qu'une hausse des températures n'affecte certaines méthodes de lutte contre les maladies en raison des changements de durée d'émergence des pathogènes. Les méthodes de contrôle chimique pourront également perdre en efficacité en raison du risque d'accélération de la décomposition des produits chimiques à plus haute température. Selon Chakraborty *et al.* (2002), la hausse des taux de CO₂ augmentera la gravité des maladies, induira un développement fongique et la formation de spores, et détruira les tissus végétaux. De manière générale, le problème des maladies prendra plus d'ampleur (ICAC, 2007).

⁷ L'empreinte hydrique d'une nation est définie en fonction du volume total d'eau douce utilisé pour produire les biens et services consommés par les habitants de cette nation. Il indique l'utilisation de l'eau par rapport à la consommation (Chapagain et al., 2005).

4. Impacts du changement climatique sur la production de coton par pays

Le changement climatique est fort susceptible d'affecter les rendements de coton de par les variations de conditions météorologiques qui provoqueront une augmentation de la quantité de CO₂, dans l'atmosphère, une évolution des températures, des précipitations, de l'humidité du sol et des taux d'évapotranspiration, ainsi que des niveaux de parasites et de maladies. Les impacts varieront d'un pays à l'autre. Ce chapitre analyse les facteurs climatiques, entre autres, qui caractérisent la production de coton pour chacun des principaux pays ou régions du monde producteurs de coton, ainsi que les impacts du changement climatique attendus à l'échelle nationale et régionale en fonction des prévisions actuelles.

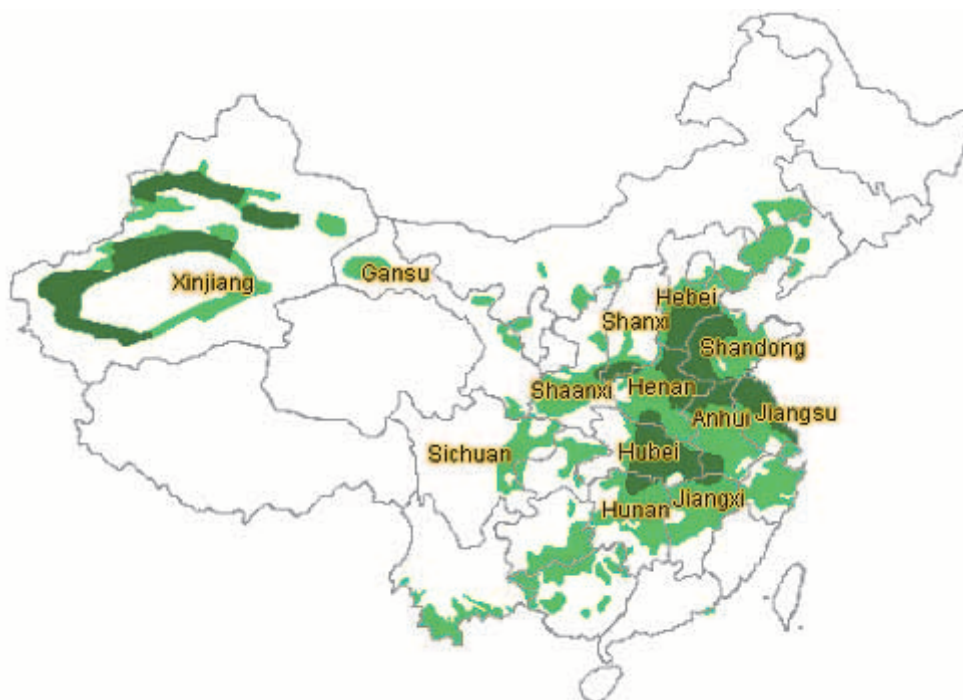
4.1. Chine⁸

4.1.1. Production

La production de coton en Chine est concentrée dans trois régions (cf. figure 4) : la vallée du Fleuve Jaune (42 % du total), la vallée du fleuve Yangtze (26 %) et la région nord-ouest (32 %). Il existe des différences considérables en termes de climat, de qualité du sol, de conditions écologiques et d'incidence des maladies et des parasites.

La *région du Fleuve Jaune* comprend les provinces de Shandong, Hebei, Henan, Shanxi et Shaanxi au nord du pays. Les conditions météorologiques sont souvent sèches au printemps et l'irrigation est nécessaire pour la production de coton. En raison de sa situation géographique au nord, cette région doit opter pour des variétés de coton à maturation précoce, qui sont souvent cultivées sur le même terrain que le blé d'hiver. Dans la région du Fleuve Jaune, le maïs est la principale culture en concurrence avec la culture du coton.

Figure 4. Principales régions productrices de coton en Chine



Source : China National Cotton Information Centre.

La région du *fleuve Yangtze (Changjiang)* inclut les provinces Jiangsu, Anhui, Hubei, Hunan et Jiangxi. Contrairement aux régions du Fleuve Jaune et de Xinjiang, les précipitations y sont relativement

⁸ Cette section est en majorité inspirée de Hsu & Gale (2001). *Regional shifts in China's cotton production and use.*

abondantes, avec plus de 1 000 millimètres. Les précipitations excessives à la fin de l'été et au début de l'automne altèrent souvent la qualité du coton en favorisant le développement des parasites et des maladies du coton. Avec sa saison de croissance longue, le coton est généralement cultivé sur le même terrain qu'une culture d'hiver (blé ou colza). La transplantation des plantules est une pratique courante et permet de gagner environ deux semaines de germination et de croissance des graines.

Dans les bassins versants du fleuve Yangtze et du Fleuve Jaune, les champs de coton sont petits et dispersés, avec des rendements relativement faibles et des coûts de production élevés. Ces deux régions constituent les principales zones de production de graines de Chine. Par conséquent, on y constate une concurrence intense pour l'occupation des terres dédiées aux cultures vivrières, et les zones cotonnières varient considérablement (Zhao et Tisdell, 2009).

La région nord-ouest comprend la région autonome de Xinjiang Uygur et la province de Gansu. La région de Xinjiang couvre un-sixième du territoire chinois et est un important producteur de coton de longue date. Depuis 1995, la production a doublé, faisant ainsi de Xinjiang la première province productrice de coton en Chine. Au nord-ouest, le climat est aride, avec des précipitations annuelles inférieures à 200 mm et d'importants changements de température en journée, mais la sécheresse de l'air maintient les problèmes de parasites et de maladies à un niveau minimal. Le coton de Xinjiang est intégralement irrigué et apprécié pour sa qualité, sa couleur et la longueur de ses fibres. Des cotonniers à longue tige y sont également cultivés. Les plantations sont grandes et très mécanisées (Hsu & Gale, 2001).

En Chine, la production de coton a quasiment doublé ces 20 dernières années. Elle est passée de quelques 4,5 millions de tonnes en 1990 à plus de 8 millions de tonnes en 2008. Cette augmentation peut en grande partie être attribuée à une hausse des rendements, qui sont passés de 850 kg de peluches/ha en moyenne à plus de 1 300 kg/ha en 2008. Les rendements les plus élevés sont ceux de la région nord-ouest; en 2006, ils étaient de moitié supérieurs à ceux de la région du fleuve Yangtze et 62 % supérieurs à ceux de la région du Fleuve Jaune (Zhao & Tisdell, 2009). En réalité, une grande partie de l'augmentation du rendement moyen national peut être attribuée à une hausse de l'irrigation, qui a fait suite à d'importants transferts de production opérés depuis 1995, depuis la zone du fleuve Yangtze largement alimentée par les eaux pluviales (-33 %) et la zone du Fleuve Jaune alimentée par irrigation d'appoint (-12 %) vers la zone de culture du coton intégralement irriguée de la province de Xinjiang (+114 %) (Conférence sur le coton de Brème, 2010).

4.1.2. Impact du changement climatique

Selon un rapport publié en 2008 par la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), le changement climatique entraînera un réchauffement supérieur à la moyenne globale observée en Asie centrale, sur le Plateau tibétain et dans le nord et l'est de l'Asie. La majeure partie de l'Asie connaîtra une hausse des précipitations, à l'exception d'une baisse en Asie centrale pendant l'été. La fréquence des précipitations intenses augmentera dans la région est de l'Asie. Toutefois, la quantité de neige et de glace des glaciers de l'Himalaya et du Plateau tibétain diminuera. En conséquence, le stress hydrique s'accroîtra pour plusieurs millions de personnes en raison d'une baisse des ressources en eau douce en Asie centrale et orientale, notamment dans les grands bassins fluviaux. À l'inverse, grâce au réchauffement, le secteur de l'agriculture pourra éventuellement se développer dans des zones situées plus au nord (CCNUCC, 2008).

Le changement climatique aura un impact sur les glaciers de l'Himalaya, leurs bassins versants ainsi que sur les cinq principaux fleuves. Les fleuves Jaune et Yangtze, par exemple, ne dépendent pas des eaux de fonte autant que les autres fleuves, tels que l'Indus et le Brahmaputra. Les zones agricoles importantes situées le long du Fleuve Jaune en Chine gagneraient en humidité en raison de l'augmentation des précipitations en hiver (Van Raaij, 2010).

Le projet de recherche sino-britannique intitulé « Impacts du changement climatique sur l'agriculture chinoise » (ICCAC) a permis de constater que le climat dans toutes les régions de Chine va continuer à se réchauffer (cf. figure 5), éventuellement de 4,5 °C d'ici les années 2080 (par rapport à la température annuelle moyenne de 1961 à 1990) : « Nous serons témoins d'une évolution continue et progressive vers des conditions plus humides, bien que certaines saisons et régions soient vouées à connaître des conditions modérément plus sèches au cours de la décennie 2020. (...) Les vagues de chaleur, les températures extrêmes et les précipitations intenses auront tendance à s'accroître. » (ICCAC, 2009).

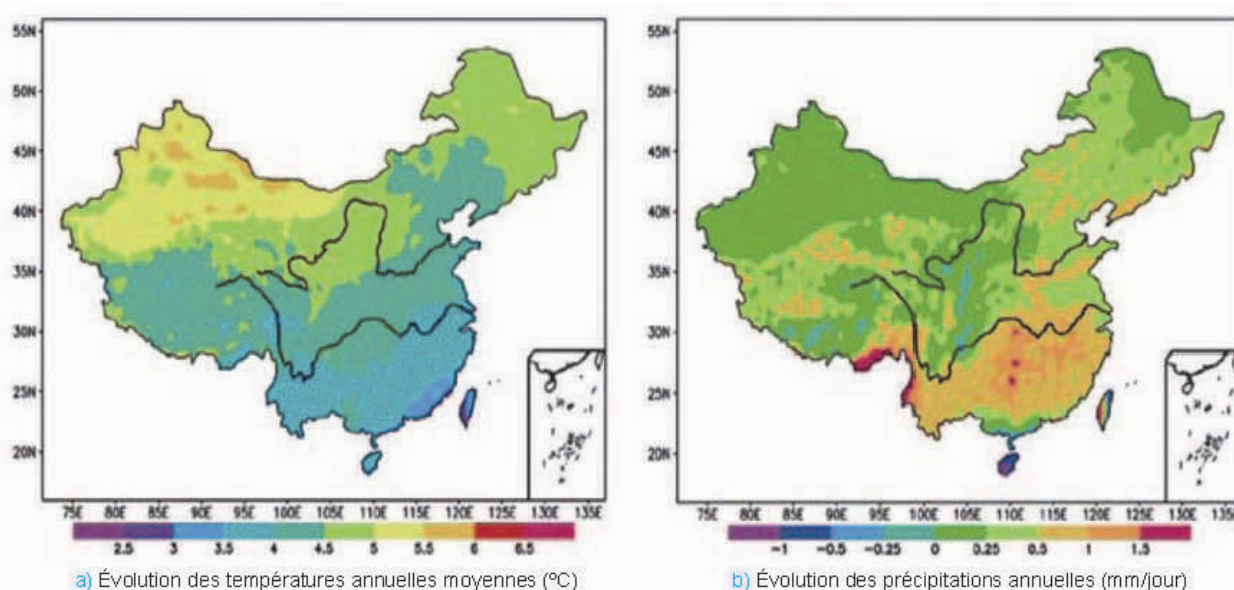
L'impact direct des hausses de température sur la production s'annonce assez positif. Chaque degré de plus dans la température ambiante moyenne annuelle donnerait lieu à 10 jours supplémentaires de conditions sans gel. La saison de croissance du coton serait alors prolongée de près de 10 jours, et la période de croissance ($\geq 20^{\circ}\text{C}$) durerait 7 à 10 jours de plus. La proportion de capsules ouvertes avant le gel devrait augmenter de 5 % à 10 %; la solidité et la maturité de la fibre de coton devrait être considérablement améliorée (Chine, 2004).

Outre le changement climatique, il est possible que la survenue de catastrophes naturelles inhabituelles telles que les sécheresses, les inondations, les températures élevées et les épisodes de gel, s'accroisse. Si l'on suppose qu'aucun changement n'affecte le système de plantation actuel, les variétés de plantation et les niveaux de production, la production céréalière totale pourrait chuter d'environ 10 % en raison du changement climatique et d'événements météorologiques extrêmes entre 2030 et 2050. La production des trois cultures principales – blé, riz et maïs – pourrait également diminuer. « Si le changement climatique n'ébranlerait pas la capacité de la Chine à s'auto-alimenter en graines, il élèverait le niveau d'exigence concernant les techniques de gestion de la production agricole et demanderait des intrants supplémentaires pour le secteur de l'agriculture » (Chine, 2004).

L'ICCCAC (2009) a observé des résultats de simulation mitigés en ce qui concerne les impacts du changement climatique sur les rythmes de rendement du riz, du maïs et du blé sur l'ensemble du territoire chinois. Les cultures de riz irriguées et les cultures de maïs alimentées par les eaux pluviales tendaient à enregistrer des réductions de rendement, tandis que les rendements des cultures de blé alimentées par les eaux pluviales avaient tendance à augmenter en moyenne partout en Chine. Tous les rendements de culture ont baissé, mais sans les effets de la fertilisation au CO_2 .

L'hydraulique est capitale pour la production de coton dans la région de Xinjiang. En raison de travaux d'irrigation et de l'utilisation des eaux de surface et des eaux souterraines, la zone irriguée de Xinjiang s'est développée et est passée de 1,5 millions d'hectares au début des années 1950 à plus de 4 millions d'hectares en 2007. En 2007, la zone de production de coton de Xinjiang s'étendait sur 1,8 millions ha, soit près de la moitié de la zone totale (Zhao & Tisdell, 2009). La disponibilité de l'eau à des fins d'irrigation constituera probablement un important facteur restrictif pour la culture du coton en raison de l'augmentation des besoins en eau pour les cultures et de la demande en eau pour des usages non agricoles. L'intensification de la concurrence dans le domaine de la production céréalière limitera davantage les ressources foncières et hydriques disponibles pour la production de fibre de coton.

Figure 5. Évolutions prévues en Chine pour les années 2080 par rapport à la période de référence (1961–1990) selon le scénario du GIEC (émissions moyennes à élevées)



Source : ICCAC (2009). *Impacts du changement climatique sur l'agriculture chinoise.*

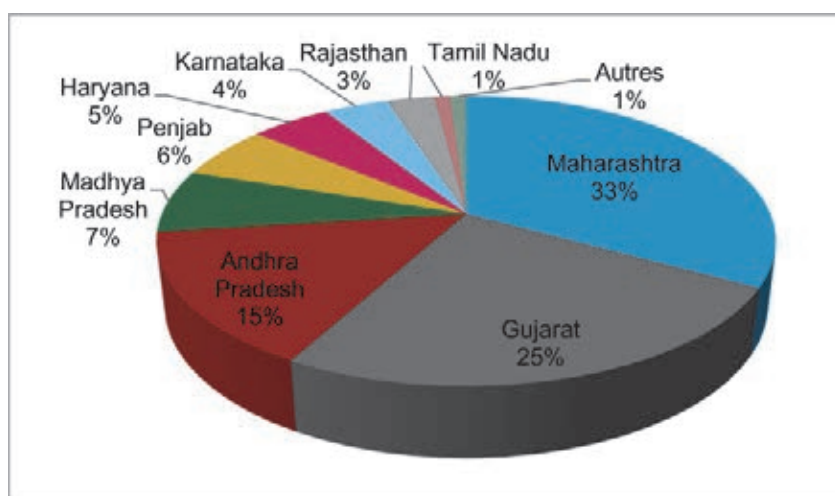
4.2. Inde⁹

4.2.1. Production

L'Inde est le deuxième pays producteur et consommateur de coton dans le monde après la Chine. Les climats varient d'humide dans le nord-est (environ 180 jours de pluie par an) à aride au Rajasthan (20 jours). Une ceinture semi-aride s'étend entre la côte ouest humide et les régions centrales et orientales du pays. La particularité la plus importante du climat indien est la mousson; c'est-à-dire la saison de précipitations concentrées de mai à septembre (Inde, 2004).

En Inde, le coton est cultivé dans trois zones distinctes : la zone centrale (65 % de la zone totale; Gujarat, Madhya Pradesh, Maharashtra), le sud (20 %; Karnataka, Andhra Pradesh et Tamil Nadu) et le nord (14 %; Penjab, Haryana et Rajasthan). Maharashtra possède la plus grande zone de culture de coton, suivie de Gujarat et d'Andhra Pradesh (cf. figure 6).

Figure 6. Superficie des cultures de coton par État en Inde, 2008–2009



Source : Ministère des textiles (2010), Cotton fibre policy. Version préliminaire.

La zone centrale possède un climat semi-aride chaud et comporte davantage de cultures de coton sur terre sèche (93 % du total à Maharashtra, 66 % à Gujarat et environ 60 % à Madhya Pradesh). Naturellement, les rendements sont largement inférieurs (800 à 1 500 kg de coton/ha) à ceux de la culture de coton irriguée (2 500 à 4 000 kg de coton/ha, dans l'ouest de Maharashtra, dans certaines parties de Madhya Pradesh et de Gujarat). Les pluies de mousson sont légères et mal réparties dans certaines zones de Maharashtra et de Madhya Pradesh, et les sols noirs peu profonds (*murrans*) sont peu fertiles et retiennent mal l'humidité. Ici, même les cultures les plus résistantes tels que le sorgho et le millet ne peuvent pas concurrencer le coton malgré ses faibles rendements (500 à 600 kg/ha).

Dans la zone sud, des cultures de coton alimentées par les eaux pluviales et irriguées sont pratiquées, y compris la culture du coton à tige longue et extra-longue de qualité supérieure. Le climat agricole est mieux adapté au coton, avec des précipitations bimodales dans certaines parties de Karnataka, du sud d'Andhra Pradesh et de Tamil Nadu. Le rendement de coton irrigué est d'environ 2 500 à 3 000 kg/ha, et de 1 000 à 1 500 kg/ha pour le coton cultivé sur terre sèche.

L'intégralité des cultures de coton dans la zone nord est irriguée. Le climat est rude à la saison d'ensemencement, avec des températures élevées, et la période de croissance est limitée à six mois. La double culture de « coton et de blé » est une pratique courante et laisse peu de temps pour le labour entre les deux récoltes. Le potentiel de rendement du coton est de 1 500 à 2 000 kg de coton/ha en raison du climat rude et des dégâts causés par les parasites (Venugopal *et al.*, 1999). L'hydraulicité pour l'irrigation

⁹ Cette section est en majorité inspirée de Venugopal *et al.* (1999). Crop production practices for maximising yield of cotton in India.

est un problème conséquent dans la zone nord. Les sols sont devenus salins et sujets à la formation de croûtes, et la germination est entravée par les températures élevées des sols (CICR, 2009).

En Inde, la culture du coton, en particulier la culture du coton alimentée par les eaux pluviales, est une association entre polyculture et culture intercalaire, tandis que dans les zones irriguées et dans les zones à fortes précipitations, le coton est produit par cultures successives ou culture dérobée intensive. Il résulte de ce fonctionnement une mosaïque de systèmes de culture de coton différents (Venugopal *et al.*, 1999)¹⁰.

4.2.2. Impact du changement climatique

La CCNUCC (2008) prévoit que le changement climatique en Asie du sud donnera lieu à un réchauffement supérieur à la moyenne mondiale. Les précipitations augmenteront et la fréquence des précipitations intenses augmentera dans certaines régions d'Asie du sud. La réduction des quantités de neige et de glace dans les glaciers de l'Himalaya et du Plateau tibétain diminuera les ressources en eau douce disponibles pour l'irrigation, notamment dans les grands bassins fluviaux du nord de l'Inde (CCNUCC, 2008).

La température ambiante en surface moyenne par an a considérablement augmenté au cours des cent dernières années (0,4 °C). La moyenne des précipitations de mousson annuelles dans l'ensemble du territoire indien n'a connu aucune tendance particulière sur cette même période; toutefois, des hausses de précipitations saisonnières de mousson ont été enregistrées le long de la côte ouest, dans le nord d'Andhra Pradesh et le nord-ouest de l'Inde (10 % à 12 % supérieures aux normales saisonnières pendant plus d'un siècle), ainsi que des tendances à la baisse dans l'est de Madhya Pradesh et les régions limitrophes, dans le nord-est de l'Inde et dans certaines parties de Gujarat et de Kerala (6 % à 8 % inférieures aux normales saisonnières pendant plus d'un siècle).

Une hausse marquée de la température ambiante saisonnière est annoncée pour l'avenir; elle deviendra manifeste au sortir des années 2040. Les prévisions indiquent des hausses des températures maximales et minimales dans la région située au sud de 25°N. Il est prévu que les températures maximales augmentent de 2 °C à 4 °C d'ici la décennie 2050. Dans la région nord, la hausse des températures maximales pourra dépasser 4 °C. Les températures minimales devraient augmenter de 4 °C dans l'ensemble du pays.

Les précipitations de moussons ne devraient connaître qu'une évolution minime sur l'ensemble du territoire indien d'ici les années 2050. Toutefois, le nombre de jours de pluie diminuera dans la majeure partie du pays. Cette baisse est plus importante dans les parties ouest et centrales (> 15 jours), tandis qu'à proximité des contreforts de l'Himalaya (Uttaranchal) et dans le nord-est de l'Inde, le nombre de jours de pluie pourra augmenter de 5 à 10 jours. L'intensité des précipitations augmentera partout en Inde de 1 à 4 mm par jour, à l'exception des petites zones du nord-est de l'Inde, où l'intensité des précipitations pourra diminuer d'1 mm par jour.

Le changement climatique modifiera probablement le cycle hydrologique de manière considérable. La gravité des sécheresses et l'intensité des inondations sont susceptibles de s'accroître, et la quantité de rejets disponibles devrait diminuer. Les bassins fluviaux des fleuves Sabarmati et Luni, qui couvrent près d'un quart de Gujarat et 60 % du Rajasthan, connaîtront probablement des conditions de pénurie d'eau sévères; les bassins fluviaux des fleuves Mahi, Pennar, Sabarmati et Tapi feront face à une pénurie d'eau constante. Les bassins fluviaux des fleuves Cauvery, Ganga, Narmada et Krishna devraient probablement se trouver confrontés à des conditions de stress hydrique saisonnier ou régulier. Les bassins des fleuves Godavari, Brahmani et Mahanadi devraient seulement subir des pénuries d'eau très localisées (Inde, 2004).

Les simulations indiquent une baisse des rendements des cultures à mesure que les températures augmentent. Les réductions sont généralement compensées par des hausses de la quantité de CO₂. Toutefois, l'ampleur de cette réaction varie en fonction de la culture et de la région. Les champs de riz irrigués pourront connaître une légère amélioration sur l'ensemble du territoire indien, tandis que les

¹⁰ La récente introduction du coton Bt a néanmoins entraîné un accroissement de la prédominance de la monoculture (Kranthi, communication personnelle, 25-3-2010).

champs de blé du centre de l'Inde pourraient diminuer de 2 % ou augmenter de 6 %, selon le scénario. Le sorgho, une plante de catégorie C4, n'affiche aucune réaction notable aux augmentations de CO₂. Si les températures continuent d'augmenter, la région ouest de l'Inde pourrait essayer une baisse de productivité en raison d'une réduction du temps de culture (Inde, 2004).

Selon le Central Institute for Cotton Research (CICR – Institut central de recherche sur le coton), les variétés/hybrides de coton traditionnels sélectionnés sont bien adaptés aux taux élevés de CO₂ – en raison de meilleurs attributs morpho-physiologiques et biochimiques. La productivité du coton en termes de nombre total de capsules et de poids a augmenté de manière considérable (73 %). La qualité des fibres s'est également considérablement améliorée. Des taux élevés de CO₂ dans l'atmosphère pouvant aller jusqu'à 650 ppm et une température de 40°C ont été estimés optimaux pour la croissance des cotonniers. Aussi, il semble que le coton puisse tirer profit du changement de scénario atmosphérique pendant la dernière partie du 21^e siècle. Toutefois, les études indiquent une aggravation du problème des parasites. Globalement, en revanche, des recherches menées en Inde indiquent que l'impact du changement climatique sur la production de coton et la productivité sera favorable (Kranthi, 2009).

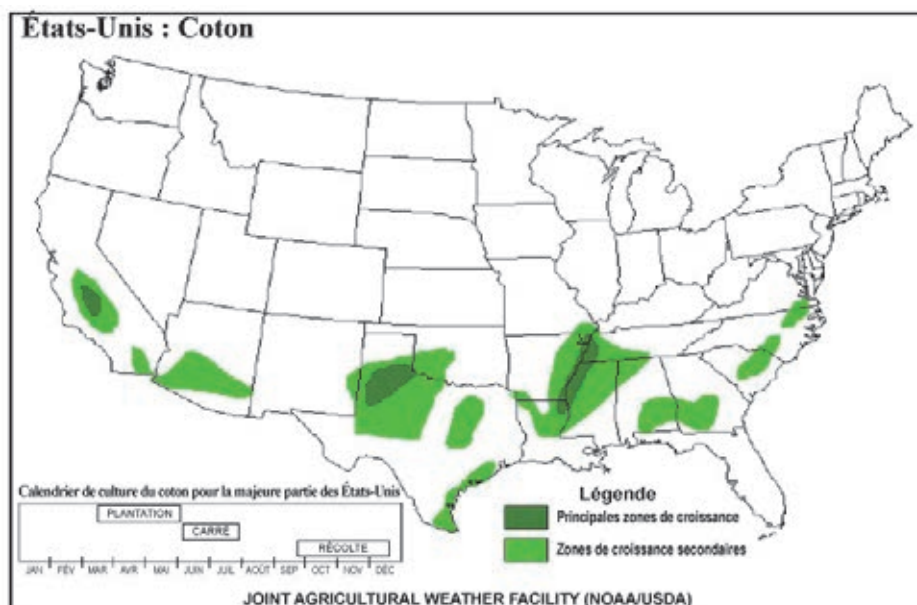
4.3. États-Unis d'Amérique

4.3.1. Production

Aux États-Unis, le coton velu est cultivé dans quatre zones géographiques principales : le sud-est, le centre-sud, le sud-ouest et l'ouest, ensemble dénommés Ceinture de coton (cf. figure 7). La majeure partie de la production, environ 70 % du total, se trouve dans le sud-est et le centre-sud.

Le sud-ouest (35 % du total) se compose du Texas, du Kansas et de l'Oklahoma. Dans le sud du Texas, la phase de plantation débute à la fin du mois de février et la récolte dure de la fin du mois de juillet à la mi-septembre. Dans le reste de la région, la plantation débute à la mi-avril et la récolte dure de la mi-octobre à décembre. Le centre-sud (34 % du total) se compose de l'Arkansas, de la Louisiane, du Mississippi, du Missouri et du Tennessee. La phase de plantation débute à la mi-avril et se poursuit jusqu'au début du mois de juin. La récolte dure de début septembre à début décembre. Le sud-est (22 % du total) affiche un cycle de culture similaire. Enfin, les États d'Arizona, de Californie et du Nouveau-Mexique forment la région ouest (9 % du total). Dans cette région, le climat chaud et sec est idéal pour la production de coton irriguée à haut rendement. La plantation dure de début avril à début juin; la récolte débute à la fin du mois de septembre et se termine au début du mois de décembre (Cotton Council International, 2009).

Figure 7. Régions productrices de coton aux États-Unis



Source : Womach (2004), Cotton production and support in the United States.

En 2009, les variétés génétiquement modifiées (GM) résistantes aux vers de capsule et aux herbicides représentaient près de 95 % du total du coton planté (Cotton Council International, 2010). En 2007, quelques 1,4 millions d'hectares, soit 36 % de la superficie totale cultivée, étaient irrigués à un taux moyen estimé à 4 270 m³ d'eau par hectare (Cotton Incorporated, 2009).

La production de coton aux États-Unis est fortement mécanisée et dépendante des carburants. L'agriculture de précision de haute technologie et à forte intensité de capital, qui inclut une gestion des cultures adaptée à la variabilité sur le terrain de la fertilité du sol et la croissance des cultures, par exemple, a fait d'importants progrès.

4.3.2. Impact du changement climatique

Des changements liés au climat ont déjà été observés à l'échelle mondiale et aux États-Unis. Ces changements incluent des hausses de température de l'air et de l'eau, une baisse du nombre de jours de gel, une augmentation de la fréquence et de l'intensité des fortes averses, une montée des niveaux des mers ainsi qu'une diminution de l'enneigement, des glaciers, du permafrost et des banquises. Une période sans glace prolongée sur les lacs et les fleuves, une saison de croissance plus longue et une augmentation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère ont également été observées. Au cours des 30 dernières années, les températures ont augmenté plus rapidement en hiver qu'aux autres saisons, avec une augmentation de près de 4 °C des températures hivernales moyennes dans le centre-ouest et les Grandes plaines du nord.

Ces changements liés au climat devraient se poursuivre tandis que de nouveaux types de changement se développeront. Les changements probables à venir aux États-Unis et dans les eaux côtières environnantes comprennent une intensification des ouragans qui s'accompagnera d'une augmentation des ondes venteuses, pluvieuses et de tempête (mais pas nécessairement d'une augmentation du nombre de tempêtes touchant les côtes), ainsi qu'une aridification de la région sud-est et des Caraïbes. Ces changements affecteront la santé humaine, les ressources en eau, l'agriculture, les zones côtières et de nombreux autres aspects sociétaux et environnementaux (Karl *et al.*, 2009).

Les rendements de coton augmenteront probablement si les taux de CO₂ continuent d'augmenter selon les prévisions annoncées pour ce siècle, et si les agriculteurs parviennent à adapter leurs pratiques agricoles au changement climatique qui en résulte. Le CO₂ présent dans l'atmosphère améliore la croissance des plantes en stimulant la photosynthèse (Centre national de recherches sur l'atmosphère, NCAR, 2001). Un modèle de culture pour le sud-est des États-Unis (cf. figure 8) montre les résultats de deux scénarios climatiques à l'aide de deux situations de gestion différentes¹¹. Le modèle à échelle fine annonce une augmentation du rendement de coton de 5 % sur l'ensemble de la région, tandis que le modèle à grande échelle prévoit une augmentation de 15 %. Le second scénario annonce une hausse des taux de CO₂ et prévoit que les adaptations de l'agriculture, notamment la plantation plus précoce de plants, permettront de profiter d'une saison de croissance plus longue. Dans ce cas, le modèle à échelle fine prévoit une augmentation de 26 % et le modèle à grande échelle annonce une augmentation de 36 % des rendements de coton pour cette région (NCAR, 2001).

Toutefois, le NCAR a observé ultérieurement que les impacts d'une concentration de CO₂ dans l'atmosphère multipliée par deux pourraient fortement varier d'une région à l'autre. Les Grandes plaines et le Delta du Mississippi, par exemple, seraient témoins d'une augmentation des rendements, tandis que la région du centre-ouest et la Ceinture de coton souffriraient de conditions plus difficiles. Le sud-est perdrait au moins 20 % de sa base économique agricole, mais la production de coton devrait exploser (NCAR, 2004).

Suite au changement climatique, le nombre de jours durant lesquels la température est supérieure à 37,8 °C devrait augmenter fortement dans l'ensemble des États-Unis (cf. figure 9). Par exemple, avec un scénario impliquant une augmentation des émissions, les parties du Texas ayant récemment connu entre

¹¹ Les modèles de culture du coton et les scénarios climatiques se sont révélés assez simplistes selon le NCAR. Les modèles climatiques annonçaient un changement climatique sur la base d'une multiplication par deux instantanée plutôt que progressive du CO₂.

10 à 20 jours par an de températures supérieures à 37,8° C devraient voir ce chiffre passer à plus de 100 jours par an d'ici la fin de ce siècle (Karl *et al.*, 2009).

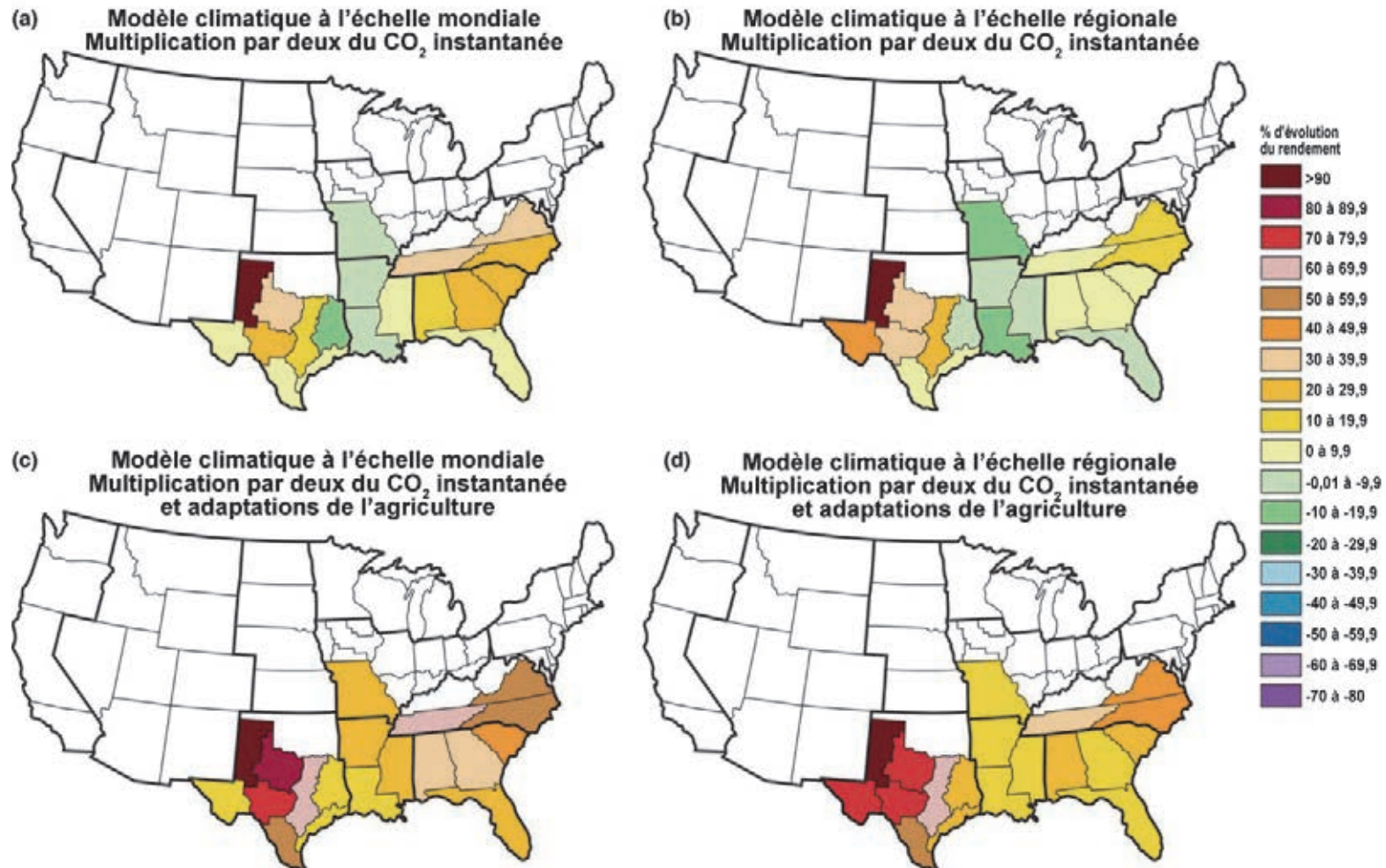
L'eau est le principal facteur affectant les activités des Grandes plaines. L'utilisation actuelle de l'eau n'est pas viable car elle dépasse les possibilités d'alimentation. La majorité de l'eau utilisée à des fins d'irrigation provient de l'aquifère des Hautes plaines, qui s'étend du Dakota du Sud au Texas. L'aquifère maintient les eaux d'alimentation actuelles issues des précipitations et les eaux dites « anciennes », retenues par la boue et le sol venus des Montagnes Rocheuses. À mesure que la population augmente et que l'irrigation s'étend, le retrait d'eau annuel a commencé à suivre un rythme plus rapide que l'alimentation naturelle. Dans les parties très irriguées du Texas, de l'Oklahoma et du Kansas, les niveaux des eaux souterraines sont passés de 30 mètres à plus de 75 mètres. La hausse des températures, l'accélération de l'évaporation et la prolongation des sécheresses provoquées par le changement climatique ne feront qu'accroître le stress imposé aux sources d'eau surtaxées (Karl *et al.*, 2009).

Dans la région ouest, des Montagnes Rocheuses à la Côte Pacifique, la majeure partie de l'utilisation d'eau est associée à l'agriculture, notamment dans certaines des plus importantes zones productrices de cultures de la nation situées en Californie. Les ressources en eau commencent déjà à s'amenuiser dans certaines zones, et on annonce une probabilité de pénuries d'eau à venir. Le pompage de l'eau assèche les nappes phréatiques, tandis que la hausse des températures réduit le flux des fleuves importants, notamment celui du fleuve Colorado. Les ressources en eau seront restreintes en raison de réductions conséquentes des précipitations et des chutes de neige au printemps, la période où les précipitations sont indispensables pour remplir les réservoirs et répondre à la demande estivale (cf. figure 10). Le changement climatique à l'ouest devrait accroître le nombre de sécheresses ainsi que le risque d'inondations (Karl *et al.*, 2009).

Enfin, dans le sud-est, le climat est uniquement chaud et humide, avec des hivers doux et un taux d'humidité élevé par rapport au reste du territoire américain continental. Les modèles climatiques annoncent un réchauffement continu à toutes les saisons dans l'ensemble de la région sud-est. Le nombre de journées très chaudes devrait augmenter à un rythme plus rapide que les températures moyennes. Les températures moyennes devraient augmenter d'environ 2,5 °C à 5 °C d'ici les années 2080 (Karl *et al.*, 2009).

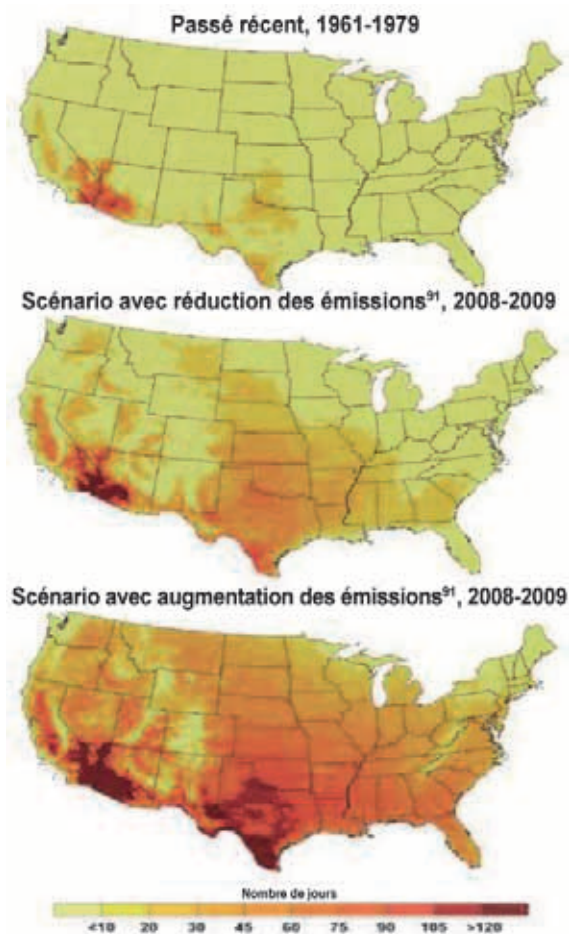
Figure 8. Rendements de coton à venir probables dans la région sud-est des États-Unis

RENDEMENTS DU COTON PROBABLES À VENIR DANS LA RÉGION SUD-EST DES É.-U.



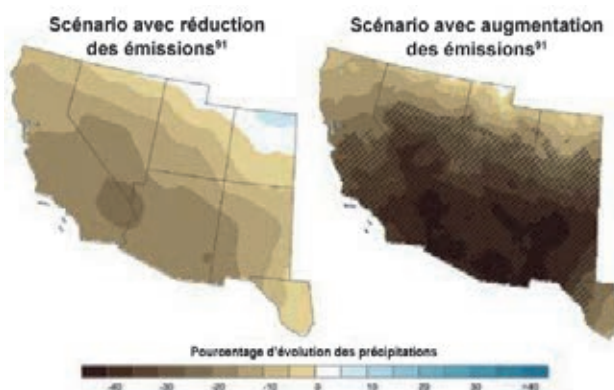
Source : NCAR (2001). *The Effect of the Spatial Resolution of Climate Scenarios on Cotton Production in the Southeastern United States.*

Figure 9. Nombre de jours où la température est supérieure à 37,8 °C



Source : Karl et al. (2009). *Global Climate Change Impacts in the United States*.

Figure 10. Prédiction d'évolution des précipitations printanières (2080–2099) dans l'ouest des États-Unis



Source : Karl et al. (2009). *Global Climate Change Impacts in the United States*.

4.4. Pakistan

4.4.1. Production

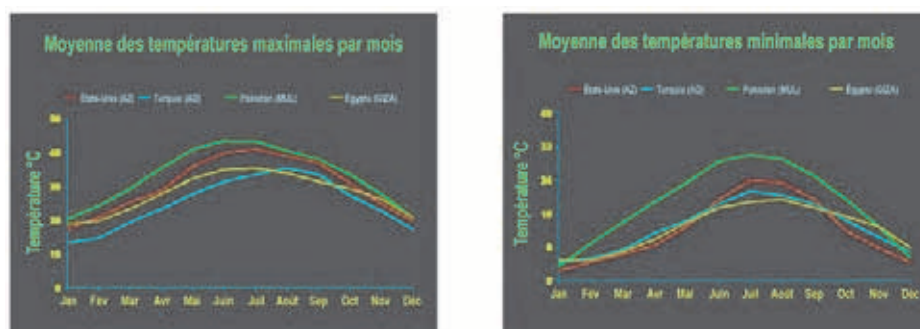
Le Pakistan arrivait en quatrième place du classement de la production mondiale de coton et en troisième place pour la consommation mondiale de coton en 2009–2010, avec une part de 10 % de chaque catégorie. Les régions de Penjab et Sindh sont les principales provinces productrices de coton, avec respectivement 79 % et 20 % de la production totale en 2008–2009. La ceinture de coton s'étend sur environ 1 200 km le long du fleuve Indus et de ses affluents, entre les latitudes 23°N et 33°N, à des altitudes comprises entre 153 mètres au nord et 27 mètres au sud. La nature des sols varie du limon sableux au limon argileux avec une présence d'argile dominante vers le sud (Gillham *et al.*, 1995).

Les températures en mai et juin atteignent 40 °C à 45 °C, et s'élèvent souvent à 50 °C certains jours. Les températures hivernales descendent fréquemment au-dessous de la température de gel dans le Penjab et la partie supérieure du Sindh, tandis que la partie inférieure du Sindh échappe au gel. Il existe deux saisons de culture distinctes pour les cultures estivales (*Kharif*), d'avril à octobre, et les cultures hivernales (*Rabi*), d'octobre à avril/mai. Certaines cultures à courte saison sont intercalées entre ces deux saisons de culture principales. Les principales cultures sont celles du blé, du coton, du riz et de la canne à sucre (Gillham *et al.*, 1995).

En raison du niveau très limité des précipitations (150 à 750 mm selon la zone), l'agriculture dans la vallée de l'Indus repose entièrement sur l'irrigation. Le coton utilise la troisième plus grande proportion d'eau douce du Pakistan (WWF, 2005). L'eau est approvisionnée à un rythme hebdomadaire. L'approvisionnement est régulé via une série de barrages qui stockent l'eau jusqu'à ce qu'elle soit nécessaire durant les périodes relativement sèches. Il ne peut pas être diversifié en fonction des besoins en eau des cultures (Gillham *et al.*, 1995).

Le rendement moyen de fibres de coton par hectare est plus important dans la province de Sindh du sud (850 kg/ha) que dans le Penjab (692 kg/ha), mais les rendements de ces deux régions pour le coton irrigué sont généralement faibles. Raza (2009) suggère que ce faible niveau s'explique par la moyenne très élevée des températures maximales et minimales au Pakistan par rapport à celles des autres pays qui cultivent du coton dans des environnements climatiques chauds (cf. figure 11). Le poids des capsules produites au Pakistan (2 à 3 grammes par capsule) est inférieur à la moitié du poids des capsules produites aux États-Unis, en Égypte et en Australie (5 à 6 grammes par capsule), et correspond à la moitié du poids des capsules produites en Turquie (4 à 5 grammes par capsule).

Figure 11. Températures maximales et minimales moyennes dans quatre pays et régions de culture du coton dans un environnement climatique chaud



Source : Raza (2009). *Cotton production in Pakistan: A grower's view*.

4.4.2. Impact du changement climatique

Les impacts du changement climatique sur les glaciers de l'Himalaya seront particulièrement importants dans le bassin du fleuve Indus. Le fleuve Indus est principalement composé des eaux de fonte en raison de la rareté des précipitations en aval (Van Raaij, 2010). Si l'hydraulicité d'irrigation nette dans la vallée de

l'Indus diminue, les agriculteurs devront probablement opter pour des cultures nécessitant moins d'eau que le coton, comme par exemple les céréales secondaires, les fruits et les légumes (Pakistan, 2003)¹².

Dans les parties centrales et au sud du Pakistan, les températures maximales dépassent les 40 °C en été. Une hausse future des températures, associée à une baisse des précipitations, aurait un impact néfaste sur la production des principales cultures. Les besoins en eau d'irrigation des cultures varient en fonction de la zone climatique. La hausse des températures, associée à l'évolution des précipitations, augmentera les besoins nets en eau d'irrigation, notamment dans les trois principaux systèmes de production : riz-blé, maïs-blé et coton-blé. En outre, l'utilisation accrue d'eaux souterraines de mauvaise qualité induirait une salinisation secondaire (Pakistan, 2003).

Une étude de la vulnérabilité potentielle des cultures au stress thermique, menée selon un scénario de changement climatique impliquant une élévation des températures de 0,3 °C par décennie, montre que toutes les cultures font l'objet d'un stress thermique, mais que les cultures telles que le blé, le coton, la mangue et la canne à sucre sont plus sévèrement touchées, tandis que la température maximale prédominante est de plus 10 °C supérieure à la plage optimale. La hausse des températures la plus infime aurait par conséquent de graves effets néfastes sur la croissance, la maturité et la productivité. Les besoins en eau d'irrigation augmenteraient afin de compenser le stress thermique et le refroidissement des cultures deviendrait un élément essentiel du système de production agricole.

4.5. Ouzbékistan

4.5.1. Production

L'Asie centrale est le cinquième producteur de coton au monde (6 % du total mondial) et le deuxième exportateur de coton après les États-Unis (17 % du total mondial). La majorité du coton d'Asie centrale provient d'Ouzbékistan. Sur les 45 millions d'ha qui forment l'Ouzbékistan, près de 60 % sont utilisés à des fins agricoles, dont 4,3 millions d'ha, soit 12 %, sont irrigués. Si la zone irriguée représente une petite partie de l'ensemble de l'exploitation foncière, l'irrigation représente près de 80 % de l'utilisation d'eau dans le pays. L'irrigation est à l'origine de la grande majorité de la production de coton et de blé.

L'eau destinée à l'irrigation provient en grande partie des principaux affluents de la mer d'Aral et des fleuves Amu Darya et Syr Darya. L'eau est d'abord stockée puis distribuée aux moments opportuns durant la saison de culture, notamment en été (Abdullaev *et al.*, 2007). Le coton ouzbègue affiche un historique environnemental peu reluisant en raison de son association au déclin de la mer d'Aral de ces dernières décennies, qui a fait suite au développement de l'agriculture et à une mauvaise gestion des sols et de l'eau.

4.5.2. Impact du changement climatique

Un rapport de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) publié en 2008 affirme que le changement climatique donnera lieu à un réchauffement supérieur à la moyenne mondiale en Asie centrale. Les précipitations devraient augmenter partout en Asie; toutefois, l'Asie centrale connaîtra une baisse des précipitations estivales. Il est prévu que les rendements des cultures diminuent de près de 30 % et génèrent un important risque d'insécurité alimentaire.

Le retrait des glaciers de l'Himalaya et du Plateau tibétain réduira la disponibilité de l'eau douce pour l'irrigation (CCNUCC, 2008). Cependant, il y a en soit suffisamment d'eau dans les affluents de la mer d'Aral pour maintenir les systèmes d'irrigation actuels en fonctionnement de manière illimitée. Par le passé, le manque d'eau s'est parfois révélé problématique pour la production, mais cela était principalement dû à la formation en amont de lacs artificiels, et non à une pénurie générale de ressources en eau. L'hydraulité en Ouzbékistan varie en fonction de la gestion de l'eau pratiquée en amont dans les pays voisins (Abdullaev *et al.*, 2007).

¹² Le Pakistan a connu une élévation de la nappe phréatique dans les zones de culture du coton au cours des 30 dernières années. Depuis 1975, les zones de cultures à fort besoin en eau, telles que le riz, le coton et la canne à sucre, s'est étendue, tandis que les zones de cultures à faible besoin en eau ont diminué (Pakistan, 2003).

La production à grande échelle de coton irrigué a entraîné l'épuisement et la salinisation des sols de manière conséquente. Les terres naturellement peu fertiles ont été épuisées par la monoculture. En 2005, 51 % de la zone de terres irriguées était saline¹³, dont 4 % était fortement saline, 17 % modérément saline et 30 % légèrement saline. La zone de terres à salinisation modérée et forte s'est développée de 14 % entre 1995 et 2005. Le changement climatique renforcera le processus de salinisation en raison d'une utilisation plus intense des eaux souterraines présentes dans les couches supérieures du sol, ce qui entraînera une salinisation secondaire et une réduction des rendements des cultures. Des recherches indiquent que les rendements de coton diminuent de 20 % à 30 % même dans des conditions légèrement salines, les rendements de maïs diminuent de 40 % à 50 % et les rendements de blé de 50 % à 60 % (Ouzbékistan, 2008).

Le changement climatique ne devrait pas avoir d'impact significatif sur la productivité agricole en Ouzbékistan au cours des deux prochaines décennies. L'évolution des températures et de l'humidité deviendront néanmoins d'importants facteurs de productivité d'ici 2050 à 2080. L'évaluation des impacts indique une perte de 4 % des cultures de coton d'ici 2030 et de 10 % d'ici 2050. Les principales pertes de cultures à venir seront déterminées par la sécurité de l'approvisionnement en eau destinée à l'agriculture irriguée. D'ici 2050, les pertes de cultures de coton pourraient atteindre 11 % à 13 % dans le bassin du fleuve Syr Darya et 13 % à 23 % dans le bassin du fleuve Amu Darya en raison d'un accroissement de l'évaporation et une réduction du débit (Ouzbékistan, 2008).

À son tour, l'augmentation des températures du sol devrait favoriser la production moyennant un démarrage avancé et un terme retardé de la saison de croissance du coton. Les températures du sol en Asie centrale sont actuellement trop basses pour entamer la plantation du coton plus tôt, et l'hiver arrive trop tôt pour obtenir le nombre d'unités de chaleur requises pour produire une récolte optimale (ICAC, 2009). Toutefois, le coton est particulièrement vulnérable au manque d'eau pendant la phase de formation et d'accumulation des fruits (juin-août). L'augmentation du nombre de jours à température ambiante extrêmement élevée (plus de 39 °C) associée au changement climatique génèrera une baisse de rendement dans certaines provinces. En conditions de faible humidité, les pertes de rendement dues aux températures extrêmement élevées pourraient atteindre en moyenne 9 % à 15 % selon les estimations (Ouzbékistan, 2008).

4.6. Brésil

4.6.1. Production

Le Brésil produit 6 % et consomme 4 % des fibres de coton du monde. Le coton est principalement cultivé dans la région du centre-ouest, en grande partie dans les États du Mato Grosso, du Mato Grosso do Sul et de Goiás. Le sol des régions à *cerrado*¹⁴ du centre-ouest est très pauvre mais, avec l'aide d'engrais réparateurs et de conditions météorologiques propices à la culture du coton, cette culture s'est développée de manière considérable au cours des 15 dernières années, faisant ainsi passer le Brésil du statut d'importateur net de coton à celui d'exportateur net de coton. Depuis son déplacement dans la région du centre-ouest, la production de coton au Brésil a largement gagné en rentabilité et les agriculteurs comptent désormais parmi les plus techniquement développés du monde (Graham, 2009).

4.6.2. Impact du changement climatique

L'Amérique Latine sera particulièrement touchée par le changement climatique dans la mesure où les glaciers des Andes devraient disparaître avant la fin du 21^e siècle. Les zones de production de coton dans le centre et l'ouest du Brésil dépendent cependant des précipitations et non de l'alimentation en eau par les Andes. L'intégralité de la culture de coton est littéralement alimentée par les eaux pluviales. Quelques incertitudes persistent quant aux effets du changement climatique sur les précipitations en Amérique Latine. Pourtant, selon les prévisions, les zones arides et semi-arides recevront encore moins de pluie en

¹³ Le sol est considéré salin lorsqu'il contient dans sa masse plus de 0,10 % de sels toxiques pour les plantes ou plus de 0,25 % de sels issus de solides dissous (pour les sols non gypseux) (Ouzbékistan, 2008).

¹⁴ Le *cerrado* se caractérise par de petits arbres tordus, isolés ou regroupés sur une surface herbeuse continue. En raison de l'activité humaine intense, la majeure partie de sa végétation naturelle a été remplacée par l'agriculture, les pâturages et la reforestation (CCNUCC, 2008).

raison du changement climatique, ce qui provoquera une dégradation des terres agricoles et de la sécurité alimentaire. Les rendements devraient diminuer dans l'ensemble du territoire latino-américain d'ici la fin du 21^e siècle, sauf dans les zones de moyenne altitude, où les effets de la fertilisation au CO₂ pourront contrebalancer les effets néfastes du changement climatique (CCNUCC, 2008).

D'ici 2020, les hausses de température seront comprises entre 0,4 °C et 1,8 °C, et d'ici 2080, entre 1 °C et 7,5 °C. Les hausses les plus importantes sont prévues pour la partie tropicale de l'Amérique du Sud. En ce qui concerne les précipitations, les modèles climatiques mondiaux utilisés pour prévoir l'évolution du cycle hydrologique à l'échelle régionale restent très incertains. En ce qui concerne l'Amérique centrale et l'Amérique du sud tropicale, les prévisions vont d'une réduction des précipitations de 20 % à 40 % à une augmentation de 5 % à 10 % en 2080 (Magrin *et al.*, 2007).

4.7. Afrique de l'ouest et Afrique centrale

4.7.1. Production

La production de coton en Afrique de l'ouest et en Afrique centrale est alimentée par les eaux pluviales et concentrée dans la ceinture soudano-sahélienne. Le Burkina Faso est le principal pays producteur, suivi du Bénin, du Mali, de la Côte d'Ivoire et du Cameroun. La quasi-totalité de la culture de coton est exportée. Les précipitations annuelles moyennes sont comprises entre 700 et 1 200 mm. La production dans les zones agro-écologiques humides du sud reste possible, mais les rendements sont réduits en raison d'un ensoleillement moins important et d'une incidence plus élevée des parasites.

L'Afrique de l'ouest et l'Afrique centrale connaissent des saisons sèches marquées qui favorisent la production de coton de qualité. Le rendement dépend fortement de la date d'ensemencement car la saison des pluies ne dure que 4 à 5 mois (mai/juin à septembre/octobre). Les périodes de sécheresse ainsi que les engorgements pendant la saison des pluies peuvent avoir un impact considérable sur les rendements. L'incidence des parasites tend à augmenter avec le stress exercé sur les plantes à la suite d'une sécheresse ou d'un engorgement. Toutes les opérations de la culture du coton sont exécutées à la main ou avec l'aide de bœufs. Les tracteurs se font rares et sont uniquement utilisés pour le labour.

Les différences régionales de production de coton dans les pays d'Afrique de l'ouest et d'Afrique centrale s'expliquent généralement par plusieurs facteurs, tels que les conditions agro-écologiques, la densité de population, l'accès aux marchés des cultures vivrières, le degré d'intensification de l'agriculture, l'instabilité politique, etc. Aucune donnée n'indique clairement d'importants changements régionaux survenus dans ces pays - par exemple suite à la désertification. En effet, de nouvelles régions ont rejoint le cercle des producteurs de coton au fil des ans, mais ce développement n'a pu être associé à aucune baisse de production dans les « bassins de coton » traditionnels (Ton, 2004).

4.7.2. Impact du changement climatique

Le climat conditionne de manière considérable le développement économique quotidien de l'Afrique, notamment dans les secteurs de l'agriculture et de l'eau. Le climat africain subit l'influence d'interactions maritimes et terrestres complexes qui produisent divers types de climats dans diverses régions, par exemple des tropiques humides au Sahara hyperaride (Boko *et al.*, 2007). Le changement climatique risque d'altérer les conditions climatologiques et hydrologiques en opérant des modifications considérables en termes de températures, de précipitations et d'évapotranspiration. La productivité des terres arides est principalement déterminée par la température et les précipitations pendant la période de végétation. Par conséquent, les terres arides sont particulièrement vulnérables au changement climatique (Kapur *et al.*, 2008).

Les températures observées ont indiqué une tendance au réchauffement depuis les années 1960. Entre 1961 et 2000, le nombre d'épisodes de canicule dans l'ensemble des régions du sud et de l'ouest de l'Afrique, ainsi que le nombre de jours extrêmement froids, ont diminué (Boko *et al.*, 2007). Les prévisions allant jusqu'à la fin de ce siècle indiquent une hausse des températures moyenne de 3,3 °C en Afrique de l'ouest (Toulmin, 2009). En ce qui concerne les précipitations, la situation est plus complexe. Les précipitations enregistrent une variabilité spatiale et temporelle non négligeable. La variabilité interannuelle des précipitations est importante sur la majeure partie du continent africain et, dans certaines régions, la

variabilité sur plusieurs décennies est également conséquente. Les tendances des précipitations dans les régions du Sahel ouest-africain, de la Côte guinéenne et du sud du Sahara restent incertaines, certains modèles annonçant une augmentation et d'autres une baisse (Toulmin, 2009).

Le changement climatique pourra avoir de nombreux effets sur la production de coton en Afrique de l'ouest et en Afrique centrale. Dans les zones actuelles, la production risque de se voir réduite à la suite d'une baisse des précipitations, et se déplacera éventuellement vers les régions plus humides du sud. L'hydraulicité constituera un facteur essentiel pour la production de coton en Afrique de l'ouest et en Afrique centrale, au même titre que la durée et la prévisibilité du début et de la fin de la saison des pluies. Une augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes, tels que les sécheresses et les inondations, aura également un effet sur la production agricole.

4.8. Turquie

4.8.1. Production

La Turquie représente 2 % de la production et 5 % de la consommation mondiale de fibre de coton. L'intégralité du coton produit bénéficie d'une irrigation complète ou d'appoint. Environ 50 % du coton turc provient du sud-est de l'Anatolie, où le climat est semi-aride. Les étés sont très chauds : les températures moyennes sont supérieures à 30 °C durant les mois les plus chauds, en juillet et en août. Les températures moyennes durant les mois le plus froid (janvier) sont comprises entre 2 °C et 5 °C. La sécheresse estivale est intense et dure longtemps. Les précipitations annuelles varient de 350 à 800 mm.

Les autres principales zones de production sont situées dans les régions de la mer Égée (27 % du total en 2004/05) et de Cukurova (21 % du total) (Karademir, 2006). Dans ces régions, le climat est méditerranéen avec des étés chauds et secs et des hivers doux et pluvieux; les précipitations annuelles oscillent entre 600 et 1 000 mm (Turquie, 2007).

4.8.2. Impact du changement climatique

Entre 1950 et 2004, une hausse des températures estivales a été observée sur une grande partie du territoire, notamment dans les régions de l'ouest et du sud-ouest. Les précipitations hivernales dans les provinces de l'ouest ont diminué considérablement au cours des cinquante dernières années. D'un autre côté, les précipitations automnales se sont accrues dans les zones situées au nord de la région centrale d'Anatolie.

Les prévisions pour la période s'étalant de 2071 à 2100 indiquent que la hausse des températures moyennes annuelles par zone sera d'environ 2 °C à 3 °C. En hiver, les prévisions de température sont plus élevées dans l'est du pays. En été, ce schéma s'inverse. La moitié ouest du pays, notamment la région située à proximité de la mer Égée, connaîtra des hausses de température pouvant aller jusqu'à 6 °C.

Les précipitations connaîtront une baisse le long des côtes de la mer Égée et de la mer Méditerranée, et une hausse le long de la côte turque de la mer Noire. En été, les précipitations ne seront affectées que par un changement minime en Turquie. Une légère hausse des précipitations automnales est attendue, en particulier dans le bassin du Tigre et de l'Euphrate – soit dans le sud-est de l'Anatolie. Toutefois, les données indiquent également une diminution des eaux de neige équivalente à un maximum de 200 mm pour les hautes plaines de l'est de l'Anatolie et la partie est des montagnes de la mer Noire. D'importants changements pourront alors survenir dans le flux des bassins fluviaux de Turquie. Les fleuves constituent la principale source d'eau de la Turquie, non seulement à des fins de consommation sûre et d'usage domestique ou industriel, mais également à des fins d'irrigation et de production d'électricité.

Enfin, il est annoncé que près de 20 % des eaux de surface des bassins seront perdus d'ici 2030. D'ici 2050 et 2100, ces pourcentages devraient atteindre respectivement 35 % et plus de 50 %. Le déclin du potentiel des eaux de surface des bassins engendrera de graves problèmes de stress hydrique pour les utilisateurs. En outre, une intensification de l'évapotranspiration des cultures (jusqu'à +10 % en 2030 et +54 % en 2100) augmentera considérablement les besoins en eau d'irrigation (Turquie, 2007).

4.9. Australie

4.9.1. Production

L'Australie produit environ 2 % du coton mondial, dont la quasi-totalité est destinée à l'exportation. Au cours des dix dernières années, les rendements moyens de coton ont augmenté en raison de l'élargissement des variétés de semences GM, des progrès technologiques et de l'amélioration de la gestion des cultures. En Australie, la production de coton est localisée dans les États du New South Wales et du Queensland, en particulier dans le bassin fluvial des fleuves Murray et Darling. Depuis 2000, ce bassin subit une sécheresse rigoureuse qui nuit à la production de coton.

Le manque d'eau d'irrigation est le facteur le plus restrictif de la production (Glover *et al.*, 2008) car 87 % des exploitations de coton ont recours à l'irrigation (Australie, 2009). Selon les estimations, 20 % de l'eau utilisée à des fins d'irrigation selon le système Murray-Darling sert à irriguer les cultures de coton (Zhao & Tisdell, 2009).

4.9.2. Impact du changement climatique

Dans l'ensemble des régions de culture du coton, la moyenne des températures minimales annuelles a augmenté de 0,9 °C et celle des températures maximales de 0,6 °C depuis 1950. Les écarts entre les températures diurnes et nocturnes ont diminué, notamment dans l'État du Queensland et dans certaines parties du New South Wales. Depuis 1970, la majeure partie de l'est de l'Australie (en particulier le Queensland) a connu une tendance à la baisse des précipitations. Une hausse des températures associée à une baisse des précipitations, notamment dans le centre et le sud du Queensland, seront de nature à réduire l'équilibre entre le sol et l'eau (McRae *et al.*, 2007).

Les prévisions indiquent que la majeure partie du territoire australien subira un réchauffement de 0,4 °C à 2 °C d'ici 2030, et de 1 °C à 6 °C d'ici 2070. Ce réchauffement devrait se révéler plus important à l'intérieur des terres. Le rythme du réchauffement sera plus élevé au printemps et en été qu'en automne et en hiver. Le nombre moyen de jours extrêmement chauds augmentera et le nombre moyen de jours extrêmement froids et de gel diminuera (McRae *et al.*, 2007). Les précipitations annuelles moyennes devraient décliner dans le sud-ouest (-20 % à +5 % d'ici 2030; -60 % à +10 % d'ici 2070) ainsi que dans le sud-est et certaines parties du Queensland (-10 % à +5 % d'ici 2030; -35 % à +10 % d'ici 2070), mais pas dans le reste de l'Australie (-10 % à +10 % d'ici 2030; -35 % à +35 % d'ici 2070) (McRae *et al.*, 2007).

Les impacts du changement climatique seront complexes et varieront considérablement en fonction des différentes régions de culture et de pâturage. Ces impacts pourront comprendre le stress thermique, la sécheresse, l'engorgement ainsi que des changements en termes de répartition et de sévérité des parasites, des pathogènes et des mauvaises herbes. Certains impacts pourront se révéler positifs, notamment la capacité des plantes à utiliser l'eau de manière plus efficace en raison de l'augmentation du CO₂ présent dans l'atmosphère. Cependant, cet effet positif pourra se voir mitigé par les effets de la hausse des températures et des changements d'hydraulicité (Glover *et al.*, 2008). Le changement climatique est susceptible d'accroître la variabilité de l'hydraulicité et de la limiter dans les régions australiennes productrices de coton (Zhao & Tisdell, 2009). L'hydraulicité constituant un facteur de limitation important, le secteur du coton s'est fixé un objectif de multiplication par deux en termes d'utilisation optimale de l'eau d'ici 2015 (Australie, 2008).

De nombreuses zones de culture du coton en Australie ont déjà connu des températures extrêmement élevées pendant la saison de croissance, en particulier pendant la floraison et le développement des capsules. Le changement climatique devrait accroître la fréquence de ces températures élevées. Les températures excessivement élevées (supérieures à 35 °C) pendant la journée risquent de réduire la photosynthèse, tandis que les nuits chaudes (température supérieure à 25 °C) indiquent une température des feuilles et une respiration végétale élevées. La respiration de maintien peut doubler tous les 10 °C de hausse de la température (Bange, 2007).

Néanmoins, le changement climatique peut également augmenter les températures minimales. Les basses températures survenant après la phase d'ensemencement allongent le temps d'émergence et réduisent la vigueur des plantules de cotonniers, entraînant souvent une mauvaise implantation, une première phase de croissance médiocre et un risque accru de maladies assaillant les plantules. Dans certaines régions

australienne productrices de coton, le nombre de « chocs au froid », c'est-à-dire de jours où les températures minimales sont inférieures à 11 °C, est important pendant la première phase de croissance du coton, de la mi-septembre à la fin du mois de novembre, et peut être considérablement réduit par le changement climatique au bénéfice de la production de coton (Bange, 2007).

5. Possibilités d'adaptation au changement climatique

À mesure que le changement climatique modifiera l'économie de la production, les communautés rurales d'exploitants de coton seront contraintes de formuler des stratégies d'adaptation différentes, notamment en plantant d'autres cultures et en cherchant d'autres flux de revenus non agricoles. Cela nécessite des interventions complexes et impliquant de nombreuses ressources de la part des initiatives d'aide à l'échelon national et international.

À l'échelon de la production, la composition génétique du cotonnier lui permet d'opérer des ajustements limités en fonction de l'évolution des conditions climatiques (ICAC, 2007). À la suite du stress, le coton réagit à la perte de végétation ou d'éléments de fructification (bourgeons, fleurs, capsules) en opérant une « croissance compensatoire ». La racine pivotante verticale du cotonnier assure une résilience aux périodes de sécheresse, mais le rend vulnérable à l'engorgement.

L'irrigation permet de cultiver la moitié de la surface actuellement consacrée au coton (et d'assurer les trois quarts de la production actuelle) dans des zones ne permettant habituellement pas une production durable du coton. Cette dépendance rend le coton particulièrement vulnérable à la disponibilité des ressources en eau douce et en eaux souterraines à des fins d'irrigation.

Les mesures d'adaptation potentielles suivantes ont été identifiées :

- Interrompre toutes les pertes inutiles de nutriments pour le système agricole, en empêchant l'érosion des sols et en abandonnant la combustion des résidus de récolte du coton lorsque cette technique est encore utilisée.
- Favoriser la conception de terres agricoles diversifiées et favorisant la gestion de la fertilité du sol; par exemple, par l'inclusion de cultures couvertes ou perpétuelles.
- Ajuster les dates d'ensemencement pour compenser le stress créé par l'humidité pendant la période chaude, empêcher la prolifération de parasites et mieux exploiter la durée de la saison de croissance.
- Réduire au minimum la période de nudité des terres afin de ralentir la perte de matière organique et d'humidité du sol, ainsi que l'érosion des sols en général.
- Réduire au minimum le travail des terres afin d'empêcher la perte de matière organique - une ressource naturelle de fertilité du sol et un moyen de stocker l'eau pour la pousse des plantes.
- Cultiver des variétés de coton plus résistantes au stress thermique, aux périodes de sécheresse, aux mauvaises herbes, aux parasites et aux maladies, etc.
- Optimiser l'utilisation de sources d'engrais durables et naturelles dans la production de coton, notamment les rotations de cultures fixatrices d'azote, le compost et le fumier composté.
- Optimiser la rentabilité du recours à des engrais supplémentaires si nécessaire, en raison de son coût et de la consommation de carburants à base de carbone. L'utilisation d'engrais synthétiques est particulièrement importante dans l'agriculture irriguée.
- Optimiser la rentabilité du recours à l'eau pour la production de coton irrigué, en raison du coût de l'eau d'irrigation et de la consommation de carburants à base de carbone.
- Optimiser l'utilisation de préparations industrielles telles que les pesticides, les herbicides et les défoliants en raison de leurs coûts et de la consommation de carburants à base de carbone.

Lorsqu'il est utilisé, le terme « optimiser » renvoie à la recherche de l'option la plus appropriée, la plus pratique et la moins coûteuse.

Bibliographie

Abdullaev, I., M. Giordano et A. Rasulov (2007). Cotton in Uzbekistan: Water and Welfare. *Dans* : Kandyoti (ed.) (2007). *The cotton sector in Central Asia*, pp. 112–128. School of African and Asian Studies (SOAS). University of London.

Agricultural Carbon Market Working Group (2010).

Australia (2008). Australia statement. *Dans* : ICAC (2008). Statement to the 67th ICAC Plenary Meeting, pp. 60–63. Comité consultatif international du coton (ICAC). Washington, D.C., États-Unis d'Amérique. Novembre 2008.

Australia (2009). Statement at the 68th ICAC Plenary Meeting. *Dans* : ICAC (2009). *The role of cotton in economic development and ensuring food security during a period of global economic crisis*, pp. 94–97. Comité consultatif international du coton (ICAC). Washington, D.C., États-Unis d'Amérique. Septembre 2009.

Bange, M. (2007). Effects of climate change on cotton growth and development. *Dans* : *The Australian Cotton Grower* (juin-juillet 2007). pp. 41–45.

Barik, A. (2009). *Impact of TMC with special reference to Bt cotton on small farmers of India*. Presentation (.ppt) at the 68th ICAC Plenary Meeting. Comité consultatif international du coton (ICAC). Washington, D.C., États-Unis d'Amérique.

Boko, M., I. Niang, A. Nyong, C. Vogel, A. Githeko, M. Medany, B. Osman-Elasha, R. Tabo et P. Yanda (2007). Afrique. *Dans* : Parry et al. (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. 433–467.

Bolwig, S et P. Gibbon. (2009). *Counting Carbon In the Marketplace: Overview Paper*, Contribution au Forum mondial pour le commerce "Commerce et changement climatique", Centre de conférence de l'OCDE, Paris 9–10 juin.

Chaudhry, R. et A. Guitchounts (2003). *Cotton Facts*. Comité consultatif international du coton (ICAC). Washington, D.C., États-Unis d'Amérique, 158 p.

China (2004). *The Peoples' Republic of China's Initial National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. CCNUCC, Suisse, 156 p.

CICR (2009). *Constraints analysis of cotton in India*. Central Institute for Cotton Research (CICR). Inde. (site web).

Cotton Council International (2009). *2009 Buyers' Guide*. Cotton Council International, Washington, D.C., États-Unis d'Amérique.

Cotton Council International (2010). *2010 Buyers' Guide*. Cotton Council International, Washington, D.C., États-Unis d'Amérique.

Cotton Incorporated (2009). *Summary of Life Cycle Inventory Data for Cotton (Field to Bale – version 1.1 – 2 July 2009)*. Cotton Incorporated, États-Unis d'Amérique, 31 p.

Gillham, F.E.M., T.M. Bell, T. Arin, G.A. Matthews, C. Le Rumeur et A.B. Hearn (1995). *Cotton production prospects in the next decade*. Banque mondiale, États-Unis d'Amérique, 277 p.

Glover J., H. Johnson, J. Lizzio, V. Wesley, P. Hattersley et C. Knight (2008). *Australia's crops and pastures in a changing climate – can biotechnology help?* Australian Government, Bureau of Rural Sciences, Canberra, 67 p.

Grace, P. (2009). *Life Cycle Assessment of 100% Australian T Shirt*. Presentation (.ppt) to Climate Change and Cotton R&D Coordination Workshop - Sydney 21 juillet 2009 Australia, septembre 2009.

Graham, P. (2009). Brazil. *Dans : Cotton Outlook (2009) Cotton trading relationships with China*, pp. 22–26. Cotton Outlook, Special Feature. Juin 2009.

Haire, R. (2009). *Climate change, carbon trading and cockey's*. Presentation (.ppt) to ICAC's Private Sector Advisory Panel (PSAP). Queensland Cotton, Australie, mai 2009.

Hsu, H. et F. Gale (2001). Regional shifts in China's cotton production and use. *Dans : Cotton and Wool Situation and Outlook* (novembre 2001). pp. 19–25. Département de l'agriculture des États-Unis.

ICAC (2007). Global warming and cotton production – Part 1. *Dans : ICAC Recorder, Vol. 25, No. 4* (December 2007). pp. 12–16. Comité consultatif international du coton (ICAC). États-Unis d'Amérique.

ICAC (2009). Global warming and cotton production – Part 2. *Dans : ICAC Recorder, Vol. 27, No. 1* (mars 2009). pp. 9–13. Comité consultatif international du coton (ICAC). États-Unis d'Amérique.

ICCCA (2009). *Impacts of Climate Change on Chinese Agriculture. Summary of results*, 4 p.

IFPRI (2009). *Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation*. Institut international de recherche sur les politiques alimentaires (IFPRI). Washington, D.C., États-Unis d'Amérique. Octobre 2009, 19 p.

India (2004). *India's Initial National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Ministry of Environment and Forests, Inde, 292 p.

IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Allemagne, 52 p.

ITC (2007). *Guide de l'exportateur de coton*. Centre du commerce international, Suisse, 391 p.

ITC (2011) Trade Map, Centre du commerce international, Suisse. <http://www.trademap.org/>

Kapur, B., R. Kanber, M. Özfıdaner, S. Tekin, M. Ünlü et D.L. Koç (2008). Climate change effects on cotton production in the Seyhan river basin of Turkey. *Dans : ICAC Recorder, Vol. 26, No. 1* (mars 2008). pp. 3–7. Comité consultatif international du coton.

Karademir, C. (2006). *Cotton situation in Turkey*. Presentation (.ppt) at ICAC Research Associate Programme, Washington, D.C., États-Unis d'Amérique. Avril 2006, 22 p.

Karl, T.R., J.M. Melillo et T.C. Peterson (2009). *Global climate change impacts in the United States*. Cambridge University Press, États-Unis d'Amérique, 196 p.

Kasterine, A. et D. Vanzetti (2010). The effectiveness, efficiency and equity of market-based and voluntary measures to mitigate greenhouse gas emissions from the agri-food sector. *Dans : UNCTAD (2010). Trade and Environment Review 2009/2010*, pp. 87–111. Conférence des Nations Unies pour le commerce et le développement (CNUCED). Genève, Suisse.

Kaynak, M.A. (2007). Production problems in 2025. *Dans : ICAC (2007). The vision for technology in 2025*, pp. 3–7. Comité consultatif international du coton (ICAC). États-Unis d'Amérique.

Kranthi, K.R. (2009). Challenges and opportunities in cotton production research. *Dans : ICAC (2009). Biosafety regulations, implementation and consumer acceptance*, pp. 16–20. Comité consultatif international du coton (ICAC). Washington, D.C., États-Unis d'Amérique.

Levi Strauss & Co. (2008). *Levi Strauss & Co. self-declared environmental claims in accordance with ISO 14021*. Octobre 2008, 32 p.

Magrin, G., C. Gay García, D. Cruz Choque, J.C. Gimenez, A.R. Moreno, G.J. Nagy, C. Nobre et A. Villamizar (2007). Latin America. Dans : Parry et al. (2007).

Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). pp. 581–615.

Mcrae, D., G. Roth et M. Bange (2007). *Climate Change in Cotton Catchment Communities. A scoping study*. Cotton Catchment Communities, Australie, 15 p.

Ministry of Textiles (2010). *Cotton fibre policy. Draft version*. Ministère du textile, Inde, 107 p.

NCAR (2001). *The Effect of the Spatial Resolution of Climate Scenarios on Cotton Production in the Southeastern United States*. Centre national de recherches sur l'atmosphère, États-Unis d'Amérique.

NCAR (2004). *Climate change impacts*. Brochure. Centre national de recherches sur l'atmosphère, États-Unis d'Amérique.

Pakistan (2003). *Pakistan's Initial National Communication on Climate Change*. Ministère de l'environnement, Islamabad, Pakistan, 92 p.

Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson (eds.) (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.

PSAP (2009). *Report of the Private Sector Advisory Panel (PSAP) to the 68th Plenary Meeting of the ICAC*. Comité consultatif international du coton (ICAC). Washington, D.C., États-Unis d'Amérique. Septembre 2009, 3 p.

Raza, S.H. (2009). *Cotton production in Pakistan. A grower's view*. Presentation (.ppt) at the 68th ICAC Plenary Meeting. Comité consultatif international du coton (ICAC). États-Unis d'Amérique.

Schlenker, W. et M.J. Roberts (2006). *Estimating the impact of climate change on crop yields: The importance of non-linear temperature effects*. Septembre 2006, 51 p.

SCIDEV (2010). *Climate change & Energy: Definitions*. Science and Development Network (site web).

Scheer, C., R. Wassman, K. Kienzler, N Ibragimov et R. Eschanov (2008): Nitrous oxide emissions from fertilized, irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in the Aral Sea Basin, Uzbekistan: Influence of nitrogen applications and irrigation practices. Dans : *Soil Biology & Biochemistry* 40 (2008). pp. 290–301.

SEEP (2009). *Report from the Expert Panel on Social, Environmental and Economic Performance*.

Systain (2010). *A step in the right direction*, EcoTextilesNews, octobre 2009.

Performance (SEEP) of Cotton Production. Executive summary to the 68th ICAC Plenary Meeting. Septembre 2009, 6 p.

Sément, G. (1988). *Cotton*. The Tropical Agriculturalist. CTA/MacMillan, 88 p.

Smith, P. et al. (2007). Agriculture. Par : D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes et O. Sirotenko. Dans : IPCC (2007). *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 498–540.

Soth, J. (2009). *Impact of carbon markets on the cotton industry*. Presentation (.ppt) to 68th ICAC Plenary Meeting. Helvetas, Suisse. Septembre 2009.

Ton, P. (2004). Cotton and climate change in West Africa. Dans : Dietz, A., R. Ruben et A. Verhagen (eds.) (2004). *The impact of climate change on drylands. With a focus on West Africa*, pp. 97–115. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays-Bas.

Toulmin, C. (2009). *Climate change in Africa*. ZED Books, Londres et New York, 172 p.

Turkey (2007). *First National Communication of the Republic of Uzbekistan under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. CCNUCC, Suisse, 276 p.

CCNUCC (2008). *Climate change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries*. Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). 68 p.

CCNUCC (2010). *Glossary of climate change acronyms*. Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Genève, Suisse (site web).

Uzbekistan (2008). *Second National Communication of the Republic of Uzbekistan under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. CCNUCC, 184 p.

Van Raaij, B. (2010). Circa 60 miljoen mensen bedreigd door afname smeltwater Himalaya. Dans : *De Volkskrant* (11 juin 2010).

Venugopal, K., K.N. Gururajan et N. Golapalakrishnan (1999). Crop production practices for maximising yield of cotton in India. Dans : Sundaram et al. (eds) (1999). *Handbook of cotton in India*, pp. 104–122. Indian Society for Cotton Improvement (ISCI).

Wang, J. (2008). *Can China Continue Feeding Itself? The Impact of Climate Change on Agriculture, Water Scarcity and How Farmers Adapt*. Presentation (.ppt). Center for Chinese Agricultural Policy (CCAP). Chinese Academy of Sciences.

Womach, J. (2004). *Cotton production and support in the United States*. CRS report for Congress. Library of Congress, Washington, D.C., États-Unis d'Amérique. Juin 2004, 36 p.

Wu G., F.J. Chen, F. Ge et Y.C.Sun (2007). Effects of elevated carbon dioxide on the growth and foliar chemistry of transgenic Bt cotton. Dans : *Journal of Integrative Plant Biology* 49(9). 1361–1369.

WWF (2005). *Pakistan Sustainable Cotton Initiative (PSCI)*. Fonds mondial pour la nature (site web).

Zhao, X et C. Tisdell (2009). *The sustainability of cotton production in China and in Australia: comparative economic and environmental issues*. University of Queensland, Australie. Juin 2009, 41 p.



Siège
Centre du commerce international
54-56 Rue de Montbrillant
1202 Genève, Suisse

P: +41 22 730 0111
F: +41 22 733 4439
E: itcreg@intracen.org
www.intracen.org

Adresse postale
Centre du commerce international
Palais des Nations
1211 Genève 10, Suisse