

# 6

---

## **Mesures d'atténuation du changement climatique et eau**

---



## 6.1 Introduction

La relation entre les mesures d'atténuation du changement climatique et l'eau est une relation réciproque. Les mesures d'atténuation peuvent influencer les ressources en eau et leur gestion, et il convient d'en tenir compte lors de la mise en place et de l'évaluation de solutions d'atténuation. Par ailleurs, les politiques et les mesures de gestion de l'eau peuvent influencer les émissions de gaz à effet de serre (GES) et, par conséquent, les mesures d'atténuation sectorielles correspondantes; intervenir dans le système d'eau peut s'avérer inefficace en termes d'atténuation du changement climatique.

Le sujet de l'atténuation est abordé dans la contribution du Groupe de travail III au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC («Atténuation»), dans lequel sont évoqués les sept secteurs suivants: approvisionnement énergétique, transport et infrastructures de transport, bâtiments résidentiels et commerciaux, industrie, agriculture, sylviculture et gestion des déchets. Étant donné que les problèmes liés à l'eau ne constituaient pas le thème central de ce volume, seules y ont été mentionnées ses relations générales avec l'atténuation du changement climatique, essentiellement du point de vue qualitatif. Cependant, d'autres rapports du GIEC (notamment le troisième Rapport d'évaluation) contiennent également des informations sur la question.

Les mesures d'atténuation propres à un secteur peuvent avoir différentes répercussions sur l'eau. Ces répercussions sont indiquées dans les paragraphes ci-dessous (voir aussi le tableau 6.1). Les nombres entre parenthèses dans les titres des sous-sections correspondent aux pratiques ou aux solutions d'atténuation propres à un secteur décrites dans le tableau 6.1.

## 6.2 Atténuation par secteur

### 6.2.1 Piégeage et stockage du dioxyde de carbone (CCS) (voir <sup>1)</sup>, tableau 6.1)

Le piégeage et le stockage du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) sont des procédés qui consistent à extraire le CO<sub>2</sub> provenant de sources industrielles et en rapport avec l'énergie, à le transporter vers un lieu de stockage et à l'isoler de l'atmosphère pendant une longue période. Le CO<sub>2</sub> introduit dans l'espace interstitiel et les fractures d'une formation perméable peut déplacer le fluide *in situ*; il peut également se dissoudre dans le fluide, se mélanger à lui ou réagir avec les particules minérales, voire intervenir dans une combinaison de ces processus. Au fur et à mesure que le CO<sub>2</sub> traverse la formation, il se dissout en partie dans l'eau qu'elle contient. Lorsqu'il est dissout, il est transporté dans les eaux souterraines régionales. La fuite de CO<sub>2</sub> des puits d'injection, des puits abandonnés, à travers les failles et les

couches encaissantes non efficaces, pourrait détériorer la qualité des eaux souterraines, et la libération de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère pourrait également entraîner des problèmes de santé et de sécurité au niveau local. [CCS RID, 5.RE]

Il est important de noter que, à l'heure actuelle, nous ne disposons pas d'indications suffisantes sur l'utilité, les conséquences, prévisibles ou non, de ce concept de piégeage du carbone. Pour éviter ou atténuer les incidences, il conviendrait de choisir soigneusement un site, d'assurer un suivi réglementaire efficace, d'élaborer un programme de surveillance adéquat et de mettre en œuvre des procédés de correction pour interrompre ou contrôler les émissions de CO<sub>2</sub>. [CCS 5.RE, 5.2]

### 6.2.2 Cultures bioénergétiques <sup>2)</sup>

La bioénergie contribue aux effets bénéfiques de l'atténuation en modifiant l'utilisation de combustibles fossiles. [LULUCF 4.5.1] Cependant, la production de carburant à grande échelle pose divers problèmes, concernant en particulier les besoins en engrais et pesticides, le cycle des éléments nutritifs, le bilan énergétique, les incidences sur la biodiversité, l'hydrologie et l'érosion, les conflits avec la production d'aliments et les subventions financières indispensables. [LULUCF 4.5.1] La production d'énergie et les potentiels d'atténuation des GES des cultures énergétiques spécifiques dépendent de la disponibilité de terres, mais doivent également répondre aux demandes de nourriture, à la volonté de protection de la nature, de gestion durable des terres et des réserves en eau, et à d'autres critères de durabilité. Plusieurs études ont abouti à des chiffres différents en ce qui concerne la contribution potentielle de la biomasse aux approvisionnements mondiaux en énergie dans l'avenir, la fourchette allant de moins de 100 EJ/an à plus de 400 EJ/an en 2050 (Hoogwijk, 2004; Hoogwijk *et al.*, 2005; Sims *et al.*, 2006). Smeets *et al.* (2007) indiquent que le potentiel technique ultime des cultures énergétiques sur les terres agricoles actuelles, compte tenu des progrès technologiques prévus dans les domaines de l'agriculture et de l'élevage, pourrait permettre d'atteindre plus de 800 EJ/an sans nuire à l'approvisionnement alimentaire mondial. Ces différences entre les études peuvent être en grande partie attribuées à l'incertitude quant à la disponibilité des terres, aux rendements énergétiques des cultures et aux hypothèses sur l'évolution de l'efficacité agricole. Les études qui ont prévu le potentiel le plus élevé se sont fondées sur une utilisation non seulement des terres dégradées ou excédentaires, mais également des terres actuellement cultivées pour la production d'aliments, y compris les pâturages (hypothèse partagée par Smeets *et al.*, 2007). [GT III 8.4.4.2]

Les pratiques agricoles favorisant l'atténuation des GES pourraient, dans certains cas, augmenter la consommation d'eau et ainsi réduire l'écoulement fluvial ou les réserves d'eaux souterraines (Unkovich, 2003; Dias de Oliveira

**Tableau 6.1:** Influence (ou conséquences) des solutions d'atténuation par secteur sur la qualité, la quantité et le niveau des eaux. Les effets positifs sur l'eau sont indiqués par [+], les effets négatifs par [-] et les effets incertains par [?]. Les chiffres en exposant font référence aux notes qui figurent sous le tableau, ainsi qu'aux sous-sections correspondantes du paragraphe 6.2.

Aspect de l'eau	Énergie	Bâtiments	Industrie	Agriculture	Forêts	Déchets
<b>Qualité</b>						
<b>Chimique/biologiques</b>	CCS <sup>1)</sup> [?] Biocarburants <sup>2)</sup> [+/-] Énergie géothermique <sup>5)</sup> [-] Pétrole non conventionnel <sup>13)</sup> [-]		CCS <sup>1)</sup> [?] Traitement des eaux usées <sup>12)</sup> [-] Électricité issue de la biomasse <sup>3)</sup> [-/?]	Changement d'affectation et gestion des terres <sup>7)</sup> [+/-] Gestion des terres cultivées (eau) <sup>8)</sup> [+/-]	Boisement (puits) <sup>10)</sup> [+]	Gestion des déchets solides; Traitement des eaux usées <sup>12)</sup> [+/-]
<b>Température</b>	Électricité issue de la biomasse <sup>3)</sup> [+]			Gestion des terres cultivées (réduction du labour) <sup>9)</sup> [+/-]		
<b>Quantité</b>						
<b>Disponibilité/demande</b>	Énergie hydraulique <sup>4)</sup> Pétrole non conventionnel <sup>13)</sup> [-] Énergie géothermique <sup>5)</sup> [-]	Utilisation de l'énergie dans les bâtiments <sup>6)</sup> [+/-]		Changement d'affectation et gestion des terres <sup>7)</sup> [+/-] Gestion des terres cultivées (eau) <sup>8)</sup> [-]	Boisement <sup>10)</sup> [+/-] Déboisement évité/réduit <sup>11)</sup> [+]	Traitement des eaux usées <sup>12)</sup> [+/-]
<b>Traitement des eaux usées</b>	Biocarburants <sup>2)</sup> [+/-] Énergie hydraulique <sup>4)</sup> [+/-]			Gestion des terres cultivées (réduction du labour) <sup>9)</sup> [+]		
<b>Niveau des eaux</b>						
<b>Eaux de surface</b>	Énergie hydraulique <sup>4)</sup> [+/-]			Changement d'affectation et gestion des terres <sup>7)</sup> [+/-]		
<b>Eaux souterraines</b>	Énergie géothermique <sup>5)</sup> [-]			Changement d'affectation et gestion des terres <sup>7)</sup> [+/-]	Boisement <sup>10)</sup> [-]	

## Notes:

- 1) Le piégeage et le stockage (CCS) souterrain du carbone représentent des risques potentiels pour la qualité des eaux souterraines; le stockage en eaux profondes dans la mer (à une profondeur supérieure à 3 000 m et sous une couche de sédiments de plusieurs centaines de mètres) semble être la solution la plus sûre.
- 2) L'extension des cultures et des forêts bioénergétiques peut avoir des incidences négatives telles que l'augmentation de la demande en eau, la contamination des eaux souterraines et l'encouragement au changement d'affectation des terres, qui sont susceptibles d'avoir des effets indirects sur les ressources en eau, ou des incidences positives via une réduction du lessivage des éléments nutritifs, de l'érosion des sols, du ruissellement et de l'envasement en aval.
- 3) Électricité issue de la biomasse: en général, une augmentation de la quantité d'énergie renouvelable (par rapport aux centrales à combustibles fossiles) signifie une réduction du déversement d'eau de refroidissement vers les eaux de surface.
- 4) Les incidences (positives ou négatives) sur l'environnement et les avantages multiples de l'énergie hydroélectrique doivent être pris en considération dans tout projet de développement donné.
- 5) L'utilisation de l'énergie géothermique peut entraîner une pollution, une subsidence, et dans certains cas, une consommation des ressources en eau disponibles.
- 6) La consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment peut être réduite via diverses approches et mesures, avec des incidences positives ou négatives.
- 7) Les changements d'affectation et la gestion des terres peuvent influencer la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines (notamment par l'augmentation ou la diminution du lessivage d'éléments nutritifs et de pesticides) et le cycle hydrologique (local) (par exemple, par une consommation d'eau accrue).
- 8) Les pratiques agricoles pour l'atténuation peuvent avoir des effets positifs et négatifs sur la conservation et la qualité de l'eau.
- 9) Une réduction du labour permet d'améliorer le rendement hydraulique.
- 10) Le boisement améliore généralement la qualité des eaux souterraines et réduit l'érosion des sols. Il influence tant le bassin hydrographique que les cycles hydrologiques régionaux (hydrogramme régulier avec une réduction du ruissellement et des inondations). Il permet généralement d'améliorer la protection des bassins versants, mais au détriment du rendement des eaux de surface et de la recharge de l'aquifère, ce qui peut être problématique dans les régions semi-arides et arides.
- 11) L'arrêt ou le ralentissement du déboisement et de la dégradation des forêts permettent de conserver les ressources en eau et de prévenir les crues, de réduire le ruissellement, de contrôler l'érosion et de diminuer l'envasement des rivières.
- 12) Les diverses technologies de gestion des déchets et de contrôle et de traitement des eaux usées peuvent permettre de réduire les émissions de GES et avoir des effets positifs sur l'environnement, mais elles peuvent entraîner une pollution aquatique si les installations ne sont pas correctement conçues ou gérées.
- 13) Au fur et à mesure de la raréfaction des réserves de pétrole conventionnel et de l'augmentation du coût d'extraction, les carburants liquides non conventionnels deviendront plus attractifs économiquement, mais les coûts pour l'environnement seront supérieurs (demande en eau et coûts d'assainissement élevés).

*et al.*, 2005). Par exemple, les cultures à haut rendement, à feuillage persistant et à racines profondes consomment davantage d'eau que le couvert terrestre qu'elles viennent remplacer (Berndes et Börjesson, 2002; Jackson *et al.*, 2005). Certaines pratiques peuvent influencer la qualité de l'eau via un lessivage des pesticides et des éléments nutritifs (Machado et Silva, 2001; Freibauer *et al.*, 2004). [GT III 8.8]

Les pratiques agricoles d'atténuation qui détournent des produits pour d'autres utilisations (par exemple, les cultures bioénergétiques) peuvent par ailleurs favoriser la conversion de forêts en terres cultivées. À l'inverse, l'augmentation de la productivité des terres cultivées existantes peut permettre d'épargner quelques forêts ou pâturages (West et Marland, 2003; Balmford *et al.*, 2005; Mooney *et al.*, 2005). L'effet net de tels compromis sur la biodiversité et d'autres écoservices n'a pas encore été pleinement quantifié (Huston et Marland, 2003; Green *et al.*, 2005). [GT III 8.8]

Si les plantations bioénergétiques sont judicieusement placées, conçues et gérées, elles sont susceptibles de réduire le lessivage des éléments nutritifs et l'érosion des sols, et de générer des services environnementaux supplémentaires, tels que l'accumulation de carbone dans le sol, l'augmentation de la fertilité du sol et l'élimination du cadmium et d'autres métaux lourds du sol ou des déchets. Elles peuvent également favoriser la recirculation des éléments nutritifs et le traitement des eaux usées et des boues riches en éléments nutritifs, et fournir des habitats pour accroître la biodiversité dans le paysage agricole (Berndes et Börjesson, 2002; Berndes *et al.*, 2004; Börjesson et Berndes, 2006). [GT III 8.8] Dans le cas de plantations de forêts destinées aux biocarburants, il est possible d'éviter les incidences négatives sur l'environnement grâce à une bonne conception du projet. Les avantages environnementaux sont notamment la réduction de la dégradation des sols, du ruissellement de l'eau et de l'engorgement en aval et le piégeage du ruissellement agricole polluant. [LULUCF fiche d'information 4.21]

### 6.2.3 Électricité issue de la biomasse<sup>3)</sup>

Les technologies d'approvisionnement en énergie renouvelable non hydroélectrique, en particulier l'énergie solaire, éolienne, géothermique et l'énergie issue de la biomasse, contribuent actuellement peu au réchauffement mondial et à la fourniture d'électricité, mais elles progressent très rapidement. L'augmentation de l'électricité issue de la biomasse est limitée en raison de son coût et des barrières sociales et environnementales. [GT III 4.RE] Dans ce cas particulier de production d'électricité, toute biomasse nécessaire en sus des résidus de l'agriculture et des forêts [GT III chapitres 8 et 9] devra être cultivée dans ce but, et pourrait donc être limitée par la disponibilité des terres et de l'eau. L'incertitude est considérable, mais la production

devrait être suffisante dans toutes les régions pour satisfaire cette génération de bioénergie supplémentaire de 432 TWh/an à l'horizon 2030, d'après les prévisions de cette analyse. [GT III 4.4.4] En général, la substitution de combustibles fossiles par la biomasse pour la production d'électricité permettra de réduire les déversements d'eau de refroidissement dans les cours d'eau de surface.

### 6.2.4 Énergie hydraulique<sup>4)</sup>

Les systèmes d'énergie renouvelable, comme l'énergie hydraulique peuvent contribuer à sécuriser l'approvisionnement en énergie et à protéger l'environnement. Cependant, la construction de centrales hydroélectriques peut également avoir une incidence écologique sur les pêcheries et les écosystèmes fluviaux existants, du fait des changements de débit (hydrogramme) et des pertes d'eau par évaporation (dans le cas de centrales sur des barrages). On peut également s'attendre à une perturbation sociale. Enfin, la disponibilité en eau pour le transport fluvial (profondeur d'eau) peut également poser problème. Les effets positifs sont la régulation de l'écoulement, la maîtrise des crues, ainsi que la disponibilité en eau pour l'irrigation pendant les saisons sèches. De plus, l'énergie hydraulique ne nécessite pas d'eau pour le refroidissement (à l'inverse des centrales thermiques) ni pour la production, comme dans le cas des biocarburants. Environ 75 % des réservoirs d'eau dans le monde ont été construits à des fins d'irrigation, de maîtrise des crues et d'approvisionnement des villes en eau, et bon nombre d'entre eux pourraient faire l'objet d'une remise à niveau en vue d'une génération d'énergie hydroélectrique, sans aucune augmentation des incidences environnementales. [GT III 4.3.3]

Les systèmes hydroélectriques de grande taille (>10 MW) ont généré plus de 2 800 TWh d'énergie de consommation en 2004 et ont fourni 16 % de l'électricité mondiale (90 % d'électricité renouvelable). Les projets hydroélectriques en cours de construction pourraient augmenter la part de l'hydroélectricité d'environ 4,5 % dès leur mise en service et de nouveaux projets pourraient voir le jour pour fournir 6 000 TWh/an supplémentaires ou plus d'électricité à bon marché, principalement dans les pays en développement. La rénovation des centrales existantes avec des turbines plus efficaces et plus puissantes peut être rentable, quelle que soit la taille de la centrale. [GT III 4.3.3.1]

Les systèmes hydroélectriques de petite (<10 MW) ou très petite (<1 MW) taille, généralement situés au fil de l'eau, fournissent de l'électricité à un grand nombre de communautés rurales dans les pays en développement tels que le Népal. Leur production actuelle est méconnue, mais les prévisions la situent approximativement de 4 à 250 TWh/an (soit 9 % de la génération totale d'énergie hydraulique). Le potentiel technique mondial des centrales de petite et de très petite taille se situe aux alentours de 150 à 200 GW, les ressources étant inexploitées dans une grande quantité de sites disponibles. [GT III 4.3.3.1]

Dans le cas d'un projet de développement donné, il est indispensable d'évaluer les principaux avantages de l'hydroélectricité, notamment l'irrigation et la création de ressources d'approvisionnement en eau, la réponse rapide aux fluctuations de demande dues à des pics ou à l'intermittence des sources d'énergie renouvelable, les plans d'eau de loisirs et la maîtrise des crues, ainsi que les inconvénients. [GT III 4.3.3.1]

### 6.2.5 Énergie géothermique<sup>5)</sup>

Les ressources géothermiques sont utilisées depuis longtemps pour l'extraction directe de chaleur à des fins de chauffage urbain, de traitement industriel, de chauffage de l'eau et des espaces domestiques, de loisirs et de balnéothérapie. [GT III 4.3.3.4]

Les champs géothermiques de vapeur naturelle sont rares et la plupart d'entre eux comportent un mélange de vapeur et d'eau chaude nécessitant des systèmes de vaporisation simples ou doubles pour isoler l'eau chaude, qui peut être alors utilisée dans des centrales binaires ou pour le chauffage direct. La réinjection des fluides maintient une pression constante dans le réservoir, et permet donc d'augmenter la durée de vie du champ et de réduire les incidences environnementales. [GT III 4.3.3.4]

Les problèmes de durabilité liés à l'affaissement des sols, aux taux d'extraction thermique supérieurs au réapprovisionnement naturel (Bromley et Currie, 2003), à la pollution chimique des cours d'eau (notamment par l'arsenic) et aux émissions de CO<sub>2</sub> associées ont entraîné le refus d'octroi d'une licence d'exploitation à plusieurs centrales géothermiques. Les techniques de réinjection permettraient de faire face à ces problèmes, du moins en partie. Une technologie de forage plus profond pourrait également permettre d'exploiter des roches chaudes et sèches très abondantes là où l'eau est injectée dans des roches artificiellement fracturées et où la chaleur est extraite sous forme de vapeur. Cependant, cela signifie aussi une consommation des ressources en eau disponibles. [GT III 4.3.3.4]

### 6.2.6 Consommation d'énergie dans les bâtiments<sup>6)</sup>

En tant que mesure d'atténuation, le refroidissement par évaporation permet de faire chaque année de grandes économies d'énergie pour la climatisation des résidences. Cependant, ce type de refroidissement exerce des contraintes supplémentaires sur les ressources en eau disponibles. Pour la climatisation des bâtiments, la consommation d'énergie peut être réduite de différentes manières, notamment par une conception et une orientation du bâtiment permettant de réduire sa charge calorifique. Lorsque le refroidissement implique l'utilisation d'eau, cette réduction

de consommation d'énergie entraîne une diminution de la demande en eau. [GT III 6.4.4]

### 6.2.7 Changement d'affectation et gestion des terres<sup>7)</sup>

Selon les recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques pour le rapport spécial sur l'utilisation des terres, les changements d'affectation et la foresterie, il existe six grandes catégories d'affectation des terres possibles: forêts, cultures, pâturages, zones humides, établissements humains et autres. Les changements d'affectation des terres (notamment la conversion de cultures en pâturages) peuvent entraîner des changements nets dans les stocks de carbone et différentes incidences sur les ressources en eau. En ce qui concerne les changements de l'affectation des terres autres que la conversion de terres en forêts (sujet abordé au paragraphe 6.2.10), les documents antérieurs du GIEC contiennent très peu de références à leurs incidences sur les ressources en eau. Le rétablissement des zones humides, l'une des principales pratiques d'atténuation en agriculture [GT III 8.4.1.3], permet d'améliorer la qualité de l'eau et de diminuer les inondations. [LULUCF tableau 4.10] La mise en jachère, une autre pratique d'atténuation identifiée par le Groupe de travail III, peut avoir des incidences positives sur la conservation et la qualité des eaux. [GT III tableau 8.12]

Les pratiques de gestion des terres mises en œuvre pour l'atténuation du changement climatique peuvent également avoir diverses incidences sur les ressources en eau. Un grand nombre de pratiques préconisées pour la conservation du carbone du sol (réduction du labour, augmentation de la couverture végétale, plus grande utilisation de cultures vivaces) permettent également de prévenir l'érosion et d'améliorer la qualité de l'eau et de l'air (Cole *et al.*, 1993). Ces pratiques peuvent aussi avoir des effets indésirables, du moins dans certaines régions et dans certaines conditions. On peut trouver parmi ces effets possibles une augmentation de la pollution des eaux souterraines par des éléments nutritifs et des pesticides via le lessivage dans des conditions de réduction du labour (Cole *et al.*, 1993; Isensee et Sadeghi, 1996). Cependant, ces éventuels effets négatifs n'ont pas été largement confirmés ni quantifiés, et la mesure dans laquelle ils sont susceptibles de compenser les avantages environnementaux du piégeage du carbone est incertaine. [GT III TRE 4.4.2]

Le groupe de pratiques connu sous le nom d'intensification de l'agriculture (Lal *et al.*, 1999; Bationo *et al.*, 2000; Resck *et al.*, 2000; Swarup *et al.*, 2000), notamment les pratiques qui augmentent la production et l'apport de résidus d'origine végétale dans le sol (rotations des cultures, diminution des jachères nues, cultures de protection, variétés à haut rendement, gestion intégrée des parasites, fertilisation adéquate, engrais organiques, irrigation, gestion de la nappe phréatique, gestion adaptée aux sites et autres), présentent

de nombreux avantages accessoires, dont le plus important est l'augmentation et le maintien de la production d'aliments. Les avantages environnementaux peuvent être le contrôle de l'érosion, la conservation de l'eau, l'amélioration de la qualité des eaux et la réduction de l'envasement des réservoirs et des cours d'eau. La qualité des sols et de l'eau est diminuée du fait de l'utilisation indiscriminée d'apports agricoles et de l'eau d'irrigation. [LULUCF fiche d'information 4.1]

La gestion des éléments nutritifs pour l'utilisation efficace des fertilisants a des incidences positives sur la qualité des eaux. [GT III Tableau 8.12] De surcroît, les pratiques qui réduisent l'émission de N<sub>2</sub>O améliorent souvent l'efficacité de l'utilisation de l'azote à partir de ces sources et d'autres (notamment le fumier), et permettent donc de réduire les émissions de GES provenant de la fabrication des fertilisants et d'éviter l'effet délétère des polluants azotés sur la qualité des eaux et de l'air (Dalal *et al.*, 2003; Paustian *et al.*, 2004; Oenema *et al.*, 2005; Olesen *et al.*, 2006). [GT III 8.8]

Les systèmes agroforestiers (plantation d'arbres dans les terres cultivées) peuvent présenter des avantages multiples, notamment la fourniture d'énergie aux communautés rurales, avec des synergies entre le développement durable et l'atténuation des GES. [LULUCF 4.5.1] Cependant, ces systèmes peuvent avoir des incidences négatives sur la conservation de l'eau. [GT III tableau 8.12]

### 6.2.8 Gestion des terres cultivées (eau)<sup>8)</sup>

Les pratiques agricoles qui préconisent l'atténuation des gaz à effet de serre sont susceptibles d'avoir des incidences positives et négatives sur la conservation et la qualité de l'eau. Lorsque les mesures mettent l'accent sur le rendement hydraulique (notamment grâce à la réduction du labour), elles sont potentiellement avantageuses. Mais dans certains cas, les pratiques peuvent intensifier la consommation d'eau et de ce fait réduire l'écoulement fluvial et les réserves d'eaux souterraines (Unkovich, 2003; Dias de Oliveira *et al.*, 2005). La gestion du riz a généralement des incidences positives sur la qualité des eaux via la réduction de la quantité de polluants chimiques dans l'eau de drainage. [GT III tableau 8.12]

### 6.2.9 Gestion des terres cultivées (réduction du labour)<sup>9)</sup>

Le travail de conservation du sol est un terme générique qui inclut une large gamme de pratiques de labour, notamment le travail au chisel, le travail sur billon, le labour en bandes, le paillis et l'absence de labour (CTIC, 1998). L'adoption du travail de conservation du sol présente de nombreux avantages accessoires. Parmi ces avantages, les plus importants sont le contrôle de l'érosion par l'eau et par

le vent, la conservation de l'eau, l'augmentation de la capacité de rétention d'eau, la diminution de la compacité, l'augmentation de la résilience du sol aux apports chimiques, l'augmentation de la qualité du sol et de l'air, l'augmentation de la biodiversité du sol, la réduction de la consommation d'énergie, l'amélioration de la qualité de l'eau, la diminution de l'envasement des réservoirs et des cours d'eau et la possibilité de doubles cultures. Dans certaines régions (notamment en Australie), une augmentation du lessivage résultant d'une augmentation de la rétention d'eau due à un travail de conservation du sol peut faire diminuer la salinisation. [LULUCF fiche d'information 4.3] Certains des avantages secondaires importants de l'adoption de ces mesures sont la diminution de l'érosion des sols, l'amélioration de la qualité de l'eau et l'augmentation du rendement des carburants et de la production des récoltes. [LULUCF 4.4.2.4] La gestion de labour et des résidus ont des incidences positives sur la conservation de l'eau. [GT III tableau 8.12]

### 6.2.10 Boisement ou reboisement<sup>10)</sup>

Il est prévu que les forêts consomment généralement un volume d'eau plus important (somme de la transpiration et de l'évaporation de l'eau interceptée par le couvert d'arbres) que les cultures, les pâturages ou la végétation basse naturelle. Cet effet, qui se produit dans des terres sujettes au boisement ou au reboisement, peut être lié à une augmentation des pertes par interception, en particulier là où le couvert d'arbres est humide pendant une grande partie de l'année (Calder, 1990), ou, dans les régions plus sèches, au développement de systèmes racinaires plus importants qui permettent l'extraction et l'utilisation de l'eau pendant les saisons sèches prolongées. [LULUCF 2.5.1.1.4]

Les pertes par interception sont plus élevées dans les forêts qui ont de grandes surfaces foliaires tout au long de l'année. Ainsi, de telles pertes ont tendance à être plus élevées dans les forêts sempervirentes que dans les forêts de feuillus (Hibbert, 1967; Schulze, 1982) et risquent d'être encore plus élevées dans les forêts à croissance rapide avec stockage de carbone élevé que dans les forêts à croissance lente. En conséquence, le boisement de terres non forestières avec des conifères à croissance rapide diminue généralement l'écoulement de l'eau des bassins hydrographiques et peut entraîner une pénurie d'eau pendant les périodes de sécheresse (Hibbert, 1967; Swank et Douglass, 1974). Par exemple, Vincent (1995) a démontré que la mise en place d'espèces de pins grands consommateurs d'eau pour rétablir les bassins versants thaïlandais dégradés a nettement réduit l'écoulement fluvial pendant la saison sèche, par rapport aux forêts de feuillus initiales. Bien que les forêts diminuent les débits moyens, elles sont susceptibles de réduire les débits de pointe et d'augmenter les débits des saisons sèches, car les terres forestières ont généralement une meilleure capacité d'infiltration et une grande capacité de rétention

d'eau (Jones et Grant, 1996). Les forêts jouent également un rôle important dans l'amélioration de la qualité des eaux. [LULUCF 2.5.1.1.4]

Dans un grand nombre de régions du monde où les forêts poussent au-dessus de nappes phréatiques salines de faible profondeur, la diminution de l'utilisation de l'eau suite à un déboisement peut entraîner une montée de la nappe phréatique et faire remonter le sel en surface (Morris et Thomson, 1983). Dans de tels cas, une grande consommation d'eau par les arbres (c'est-à-dire via le boisement ou le reboisement) peut s'avérer utile (Schoield, 1992). [LULUCF 2.5.1.1.4]

Dans les régions tropicales sèches, les plantations de forêts consomment souvent plus d'eau que la végétation basse, car les arbres ont accès à de l'eau plus profonde et évaporent ainsi davantage d'eau interceptée. Des forêts nouvellement plantées peuvent consommer un volume d'eau (par transpiration et par interception) supérieur à celui des précipitations annuelles en pompant l'eau stockée (Greenwood *et al.*, 1985). Un boisement ou reboisement extensif dans les régions tropicales sèches peut alors avoir une incidence grave sur les réserves d'eaux souterraines et les débits des rivières. Toutefois, l'effet du remplacement des forêts naturelles par des plantations, même par des essences exotiques, sur l'augmentation de l'utilisation d'eau dans les régions tropicales, en l'absence d'une différence de la profondeur de l'enracinement ou du comportement stomatique des espèces d'arbres n'est pas aussi clair. Dans la région sèche de l'Inde, la consommation d'eau par les plantations d'eucalyptus est comparable à celle de la forêt sèche caduque indigène: les deux types de forêt consomment pratiquement la totalité du volume des précipitations annuelles (Calder, 1992). [LULUCF 2.5.1.1.4]

Le boisement et le reboisement, tout comme la protection des forêts, peuvent présenter des avantages hydrologiques. Dans les régions humides, après le boisement, le ruissellement direct diminue rapidement, puis se stabilise progressivement et le débit de base augmente lentement avec l'âge du peuplement, jusqu'à maturité (Fukushima, 1987; Kobayashi, 1987), ce qui suggère que le reboisement et le boisement permettent de réduire les inondations et d'améliorer la conservation de l'eau. Dans les régions dont la quantité d'eau est limitée, le boisement, et en particulier la plantation d'espèces à forte demande en eau, peut entraîner une réduction significative de l'écoulement fluvial et influencer la population du bassin (Le Maitre et Versfeld, 1997), réduire l'écoulement de l'eau vers d'autres écosystèmes et rivières, et donc influencer les aquifères et leur alimentation (Jackson *et al.*, 2005). En outre, les propriétés du sol peuvent connaître certains changements causés pour l'essentiel par les changements hydrologiques. Il pourrait être utile d'évaluer individuellement les avantages hydrologiques du déboisement pour chaque site concerné. [GT III TRE 4.4.1]

Les avantages socioéconomiques tels que la création de richesses ou d'emplois doivent être compensés par la perte de bien-être résultant de la réduction de la disponibilité en eau, des pâturages, des ressources naturelles et de terres cultivées. Le boisement de terres auparavant érodées ou autrement dégradées peut avoir une incidence environnementale positive; dans les bassins hydrographiques où l'apport d'eau est important ou qui ne sont pas fortement exploités, la réduction de l'écoulement fluvial peut ne pas être critique. [LULUCF 4.7.2.4]

### 6.2.11 Déboisement évité ou réduit<sup>11)</sup>

L'arrêt ou le ralentissement du déboisement et de la dégradation des forêts (perte de densité de carbone) et la gestion durable des forêts peuvent contribuer significativement à éviter les émissions, à conserver les ressources en eau, à empêcher les inondations, à réduire le ruissellement, à contrôler l'érosion, à diminuer l'envasement des rivières, ainsi qu'à protéger les pêcheries et les investissements dans des centrales hydroélectriques, tout en préservant la biodiversité (Parrotta, 2002). [GT III 9.7.2]

La conservation des forêts permet de conserver les ressources en eau et d'empêcher les inondations. Par exemple, les dommages occasionnés par les crues en Amérique centrale suite au passage de l'ouragan *Mitch* ont apparemment été aggravés du fait de la perte de forêts. En réduisant le ruissellement, les forêts permettent de contrôler l'érosion et la salinité. Par conséquent, leur maintien permet de réduire l'envasement des rivières, de protéger les pêcheries et l'investissement dans des centrales hydroélectriques (Chomitz et Kumari, 1996). [GT III TRE 4.4.1]

Le déboisement et la dégradation des bassins hydrographiques des hauts versants peuvent perturber les systèmes hydrologiques, en remplaçant les débits d'eau annuels réguliers dans les régions en aval par des régimes de crues et de sécheresses (Myers, 1997). Bien qu'il existe souvent des synergies entre l'augmentation du stockage de carbone via les activités de boisement, reboisement et déboisement (BRD) et d'autres incidences associées souhaitables, aucune règle générale ne peut être appliquée; les incidences doivent être évaluées au cas par cas, pour chaque site. Les incidences associées peuvent souvent être significatives et influencer sur le bien-fondé global d'activités de BRD spécifiques. [LULUCF 3.6.2]

### 6.2.12 Gestion des déchets solides et traitement des eaux usées<sup>12)</sup>

Les décharges contrôlées (avec ou sans récupération et utilisation du gaz) permettent de maîtriser et de réduire les émissions de GES, mais elles peuvent avoir des incidences négatives sur la qualité des eaux, lorsque les sites ne sont pas correctement gérés. Ceci est également vrai pour le traitement biologique aérobie (compostage) et anaérobie

(digestion anaérobie). Le recyclage, la réutilisation et la réduction au minimum des déchets peuvent nuire à leur enlèvement dans des décharges ouvertes, dont la pollution des eaux est une éventuelle conséquence. [GT III tableau 10.7]

Lorsqu'elles sont appliquées avec efficacité, les technologies de transport et de traitement des eaux usées permettent de réduire ou d'éliminer la génération et les émissions de GES. De plus, la gestion des eaux usées favorise la conservation de l'eau en évitant la pollution des décharges non traitées vers les eaux de surface, les eaux souterraines, les sols et les zones côtières, réduisant ainsi le volume de polluants et diminuant le volume de l'eau à traiter. [GT III 10.4.6]

Les eaux usées traitées peuvent être réutilisées ou évacuées, mais la réutilisation est la meilleure solution pour l'irrigation agricole et horticole, la pisciculture, la reconstitution artificielle d'aquifères ou les applications industrielles. [GT III 10.4.6]

### 6.2.13 Pétrole non conventionnel<sup>13)</sup>

Au fur et à mesure de la raréfaction des réserves de pétrole conventionnel et de l'augmentation du coût d'extraction, les combustibles liquides non conventionnels deviennent plus attractifs économiquement, mais les coûts pour l'environnement sont supérieurs (Williams *et al.*, 2006). L'extraction et la valorisation des sables et des schistes bitumineux nécessitent de grands volumes d'eau. Les technologies de récupération des sables bitumineux incluent l'exploitation ouverte en surface, où les gisements sont peu profonds, ou l'injection de vapeur dans des puits *in situ* pour réduire la viscosité du pétrole avant son extraction. Le processus d'extraction nécessite environ quatre litres d'eau pour produire un litre de pétrole, mais le produit extrait est raffiné. Le processus *in situ* nécessite environ deux litres d'eau pour un litre de pétrole, mais le produit très lourd obtenu doit être nettoyé et dilué en raffinerie (généralement avec du naphta) ou transporté vers une unité de valorisation pour donner du brut synthétique avec un rendement énergétique d'environ 75 % (ONE, 2006). Le rendement énergétique de la valorisation des sables bitumineux est d'environ 75 %. L'extraction de sables bitumineux laisse derrière elle des grandes quantités de polluants et de vastes superficies de terres perturbées. [GT III 4.3.1.4]

## 6.3 Effets des politiques et des mesures de gestion de l'eau sur les émissions et l'atténuation des GES

Comme indiqué précédemment, les pratiques d'atténuation du changement climatique dans divers secteurs peuvent

avoir une incidence sur les ressources en eau. Inversement, les politiques et les mesures de gestion de l'eau peuvent avoir une influence sur les émissions de GES associées aux différents secteurs, et donc sur les mesures d'atténuation correspondantes (tableau 6.2).

### 6.3.1 Barrages hydroélectriques<sup>1)</sup>

Environ 75 % des réservoirs d'eau dans le monde sont construits à des fins d'irrigation, de maîtrise des crues et d'approvisionnement en eau des villes. Les émissions de gaz à effet de serre varient en fonction de l'emplacement du réservoir, de la densité de puissance (capacité énergétique par surface inondée), du débit et du type de centrale (barrage ou au fil de l'eau). L'empreinte des gaz à effet de serre des réservoirs hydroélectriques a été récemment remise en question. Certains réservoirs absorbent le dioxyde de carbone à leur surface, mais la plupart émettent de faibles quantités de GES, étant donné que l'eau transporte le carbone dans le cycle naturel du carbone. De fortes émissions de méthane ont été enregistrées dans certains réservoirs tropicaux peu profonds de type plateau, où le cycle naturel du carbone est le plus productif, tandis que les émissions des réservoirs profonds sont moins élevées. Le méthane émanant des zones humides et des terres inondables naturelles peut être éliminé si celles-ci sont inondées pour former un nouveau réservoir, étant donné que le méthane est oxydé au fur et à mesure qu'il remonte la colonne d'eau. La formation de méthane en eau douce implique la présence de composés carbonés (acides phénolique et humique) qui piègent efficacement le carbone en question. S'agissant des réservoirs tropicaux peu profonds, il est nécessaire d'approfondir les recherches pour définir dans quelle mesure ils peuvent augmenter les émissions de méthane. [GT III 4.3.3.1]

L'émission de gaz à effet de serre par des réservoirs attribuable à la décomposition de la végétation et aux apports de carbone du bassin hydrographique est une incidence récemment identifiée des barrages sur l'écosystème. Ceci remet en cause les connaissances conventionnelles selon lesquelles l'énergie hydraulique n'a que des effets atmosphériques positifs (notamment des réductions des émissions de CO<sub>2</sub> et d'oxyde nitreux), par rapport aux sources de production d'énergie classiques (Commission internationale des grands barrages, 2000).

Les évaluations du cycle de vie des projets hydroélectriques disponibles au moment de l'élaboration du quatrième Rapport d'évaluation ont montré de faibles émissions nettes globales de gaz à effet de serre. Étant donné l'incertitude de mesure des émissions anthropiques croissantes des réservoirs d'eau douce, le Conseil exécutif de la CCNUCC a exclu les grands projets hydroélectriques dotés d'un stockage d'eau conséquent de son Mécanisme pour un développement «propre» (MDP). [GT III 4.3.3.1]

**Tableau 6.2:** Influence de la gestion de l'eau sur les émissions de GES par secteur. L'augmentation des émissions de GES est indiquée par [-] (car elle implique une incidence négative) et la réduction des émissions de GES est indiquée par [+]. Les chiffres en exposant font référence aux notes qui figurent sous le tableau ainsi qu'aux sous-sections correspondantes du paragraphe 6.3.

Secteur	Qualité		Quantité		Niveau de l'eau	
	Chimique/ biologique	Température	Demande moyenne	Humidité du sol	Eaux de surface	Eaux souterraines
<b>Énergie</b>		Énergie géothermique <sup>7)</sup> [+]	Barrages hydroélectriques <sup>1)</sup> [+/-] Irrigation <sup>2)</sup> [-] Énergie géothermique <sup>7)</sup> [+] Dessalement <sup>6)</sup> [-]		Barrages hydro-électriques <sup>1)</sup> [+/-]	
<b>Agriculture</b>			Barrages hydroélectriques <sup>1)</sup> [-]	Irrigation <sup>2)</sup> [+/-] Retour des résidus <sup>3)</sup> [+]		Drainage des terres cultivées <sup>4)</sup> [+/-]
<b>Déchets</b>	Traitement des eaux usées <sup>5)</sup> [+/-]					

Notes:

1) L'énergie hydroélectrique ne nécessite pas de combustibles fossiles et est une source importante d'énergie renouvelable. Cependant l'empreinte des gaz à effet de serre des réservoirs hydroélectriques a été remise en question récemment. Le méthane est particulièrement visé.

2) L'application de mesures d'irrigation plus efficaces peut améliorer le stockage de carbone dans les sols via des rendements et un retour des résidus accrus, mais certains de ces avantages peuvent être compromis par les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de l'énergie utilisée pour la fourniture de l'eau. L'irrigation peut également entraîner des émissions supplémentaires de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O, dans des cas spécifiques.

3) Le retour de résidus au champ pour améliorer la capacité de rétention de l'eau va permettre de piéger le carbone via une augmentation de la production des cultures et une réduction de la respiration du sol.

4) Le drainage des terres agricoles dans les régions humides peut favoriser la productivité (et donc le carbone dans le sol), voire éventuellement supprimer les émissions de N<sub>2</sub>O en améliorant l'aération. Toute perte d'azote par le drainage peut cependant se produire sous forme de N<sub>2</sub>O.

5) En fonction de la conception et de la gestion des installations (technologies de traitement des eaux usées et de purification de traitement), des émissions plus ou moins élevées de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O (les principales émissions de GES des eaux usées) peuvent se produire à toutes les étapes, depuis la source jusqu'à l'évacuation; dans la pratique, cependant, la plupart des émissions se produisent en amont du traitement.

6) Le dessalement implique une consommation d'énergie et génère donc des émissions de GES.

7) L'utilisation d'énergie géothermique à des fins de chauffage ne génère pas d'émissions de GES, comme dans le cas des autres procédés de production d'énergie.

### 6.3.2 Irrigation<sup>2)</sup>

Environ 18 % des terres cultivées dans le monde reçoivent actuellement de l'eau d'irrigation (Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, 2005a, b). L'extension de cette superficie (lorsque les réserves en eau le permettent) ou l'utilisation de mesures d'irrigation plus efficaces peut améliorer le stockage de carbone dans les sols, via des rendements et un retour des résidus accrus (Follett, 2001; Lal, 2004). Cependant, certains de ces avantages peuvent être compensés par le dioxyde de carbone issu de l'énergie utilisée pour fournir l'eau (Schlesinger, 1999; Mosier *et al.*, 2005) ou les émissions de N<sub>2</sub>O issues de l'augmentation des apports d'humidité et d'engrais azotés (Liebig *et al.*, 2005), bien que ce dernier effet n'ait pas fait l'objet de mesures à grande échelle [GT III 8.4.1.1.d]. L'extension de la superficie de rizières en zones humides peut également augmenter les émissions de méthane par les sols (Yan *et al.*, 2003). [GT III 8.4.1.1.e]

### 6.3.3 Retour de résidus<sup>3)</sup>

La compétition des mauvaises herbes pour l'eau est une cause importante de mauvaise récolte ou de diminution des rendements des récoltes dans le monde entier. Les progrès réalisés dans les méthodes de contrôle des mauvaises

herbes et l'outillage agricole permettent à présent de cultiver un grand nombre d'espèces avec un minimum de labour (réduction du labour), voire sans labour du tout. Ces pratiques, qui maintiennent les résidus de culture à la surface du sol et évitent donc les pertes d'eau par évaporation sont de plus en plus utilisées dans le monde entier (par exemple Cerri *et al.*, 2004). Étant donné que la perturbation des sols a tendance à stimuler les pertes de carbone du sol via une augmentation de la décomposition et de l'érosion (Madari *et al.*, 2005), la réduction ou l'absence de labour entraîne souvent un gain de carbone dans le sol, quoique ce ne soit pas toujours le cas (West et Post, 2002; Alvarez, 2005; Gregorich *et al.*, 2005; Ogle *et al.*, 2005). L'adoption de ces pratiques peut également influencer les émissions de N<sub>2</sub>O, mais les effets nets sont irréguliers et mal quantifiés à l'échelle mondiale (Cassman *et al.*, 2003; Smith et Conen, 2004; Helgason *et al.*, 2005; Li *et al.*, 2005). L'effet de la réduction du labour sur les émissions de N<sub>2</sub>O peut dépendre du sol et des conditions climatiques: dans certaines régions la réduction du labour favorise les émissions de N<sub>2</sub>O, tandis que dans d'autres elle peut réduire les émissions ou ne pas avoir d'influence mesurable (Marland *et al.*, 2001). De surcroît, les systèmes sans labour peuvent réduire les émissions de dioxyde de carbone liées à la consommation d'énergie (Marland *et al.*, 2003; Koga *et al.*, 2006). Les systèmes qui

retiennent les résidus des cultures ont tendance à augmenter la quantité de carbone dans le sol, car ces résidus sont les précurseurs de la matière organique du sol, principale forme de stockage de carbone dans le sol. Le fait de ne pas brûler les résidus (notamment par la mécanisation de la récolte de la canne à sucre et la suppression de la nécessité de brûlage préalable à la culture; Cerri *et al.*, 2004), permet également d'éviter l'émission d'aérosols et de GES générés par le feu, bien que les émissions de dioxyde de carbone provenant des carburants utilisés puissent augmenter. [GT III 8.4.1.1.c]

### 6.3.4 Drainage des terres cultivées<sup>4)</sup>

Le drainage des terres cultivées dans les régions humides peut favoriser la productivité (et donc le carbone dans le sol), voire éventuellement supprimer les émissions de N<sub>2</sub>O en améliorant l'aération (Monteny *et al.*, 2006). Toute perte d'azote par le drainage peut cependant se produire sous forme de N<sub>2</sub>O (Reay *et al.*, 2003). [GT III 8.4.1.1.d]

### 6.3.5 Traitement des eaux usées<sup>5)</sup>

En ce qui concerne le CH<sub>4</sub> des décharges (plus grande source d'émissions de GES des déchets), les émissions se poursuivent pendant plusieurs décennies après l'évacuation des déchets, et l'estimation des tendances d'émission nécessite donc des modèles qui tiennent compte des tendances temporelles. Le CH<sub>4</sub> est également émis pendant le transport des eaux usées, les processus d'épuration des eaux usées et les fuites de la digestion anaérobie des déchets ou des boues des eaux usées. Les principales sources de N<sub>2</sub>O sont les eaux d'égout et le traitement des eaux usées. [GT III 10.3.1]

Les émissions de méthane des eaux usées seules devraient augmenter de presque 50 % entre 1990 et 2020, en particulier dans les pays en développement rapide de l'Asie de l'Est et du Sud. Les estimations des émissions mondiales de N<sub>2</sub>O des eaux usées sont incomplètes et fondées uniquement sur le traitement des eaux usées domestiques, mais elles indiquent une augmentation de 25 % entre 1990 et 2020. Il est important de souligner cependant que ces scénarios sont classiques et que les émissions réelles pourraient s'avérer bien inférieures si des mesures supplémentaires étaient mises en place. D'autres réductions des émissions du secteur des déchets dépendront en partie de la disponibilité après 2012 des mécanismes de Kyoto tels que le MDP. [GT III 10.3.1]

Dans les pays en développement, en raison de la croissance démographique rapide et de l'urbanisation sans le développement simultané d'infrastructures pour les eaux usées, les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O des eaux usées sont généralement supérieures à celles des pays développés. L'examen des émissions de méthane et de N<sub>2</sub>O estimées

pour 1990 et des tendances prévues pour 2020 à partir des eaux usées et des eaux d'égout confirme cette observation. [GT III 10.3.3]

Bien que les émissions de GES des eaux usées soient aujourd'hui inférieures à celles des déchets, il est reconnu que les estimations actuelles ne quantifient pas une partie importante des émissions, en particulier celle des fosses septiques, des latrines et des rejets non contrôlés dans les pays en développement. Les processus de traitement «naturels» et décentralisés, ainsi que les fosses septiques dans les pays en voie de développement peuvent être responsables de fortes émissions de méthane et de N<sub>2</sub>O, en particulier en Chine, en Inde et en Indonésie. Dans les pays en développement, les égouts à ciel ouvert ou les retenues d'eaux usées sans autorisation formelle entraînent bien souvent des rejets non contrôlés dans les rivières et les lacs, et une augmentation rapide des volumes d'eaux usées parallèlement au développement économique. D'un autre côté, des toilettes peu consommatrices d'eau (de 3 à 5 litres) et des méthodes d'assainissement écologique (notamment les toilettes écologiques) où les éléments nutritifs sont recyclés sans danger dans agriculture productive et dans l'environnement sont actuellement utilisées au Mexique, au Zimbabwe, en Chine et en Suède. Elles pourraient également être utilisées dans un grand nombre de pays développés et en développement, en particulier lorsqu'il existe des pénuries d'eau ou des approvisionnements en eau irréguliers, ou lorsqu'il est nécessaire de mettre en place d'autres mesures pour la conservation des ressources en eau. Toutes ces mesures encouragent également l'utilisation de stations de traitement des eaux usées de plus petite taille avec des charges réduites d'éléments nutritifs et des émissions de GES proportionnellement inférieures. [GT III 10.6.2] Somme toute, la quantité des eaux usées recueillies et traitées augmente dans un grand nombre de pays afin de maintenir et d'améliorer la qualité de l'eau potable, et à des fins de santé publique et de protection de l'environnement. En parallèle, les émissions de GES issues des eaux usées vont diminuer en fonction des augmentations futures des volumes de collecte et de traitement des eaux usées. [GT III 10.6.2]

### 6.3.6 Dessalement<sup>6)</sup>

Dans les régions pauvres en eau, l'approvisionnement en eau peut se faire en partie par le dessalement de l'eau de mer. Un tel procédé nécessite de l'énergie et implique donc des émissions de GES si l'on utilise des combustibles fossiles. [GT II 3.3.2]

### 6.3.7 Énergie géothermique<sup>7)</sup>

L'utilisation d'énergie géothermique à des fins de chauffage ne génère pas d'émissions de GES, au contraire d'autres procédés de production d'énergie (voir également le paragraphe 6.2.5).

## 6.4 Conflits potentiels entre adaptation et atténuation pour les ressources en eau

D'éventuels conflits entre l'adaptation et l'atténuation pour les ressources en eau peuvent surgir. Les quelques études réalisées (notamment Dang *et al.*, 2003) indiquent que les répercussions de l'atténuation sur l'adaptation, et vice versa, sont marginales à l'échelle mondiale, bien qu'elles puissent être significatives à l'échelle régionale. Dans les régions où le changement climatique déclenchera des décalages importants du régime hydrologique, mais où les potentiels pour l'énergie hydroélectrique existent encore, cela accroîtra la concurrence autour de l'eau, en particulier si les efforts d'adaptation au changement climatique sont mis en œuvre dans divers secteurs (à savoir la concurrence pour les ressources en eau de surface entre l'irrigation, pour faire face aux incidences du changement climatique sur l'agriculture, l'augmentation de la demande en eau potable et l'augmentation de la demande en eau de refroidissement pour le secteur énergétique). Cela vient confirmer l'importance des stratégies intégrées de gestion des terres et de l'eau dans les bassins fluviaux pour garantir l'affectation optimale de ressources naturelles rares (terres,

eau). En outre, l'atténuation et l'adaptation doivent être évaluées en même temps, avec des compromis explicites, afin d'optimiser les investissements économiques tout en encourageant le développement durable. [GT II 18.8, 18.4.3]

Plusieurs études confirment l'éventualité de conflits entre l'approvisionnement en eau, la maîtrise des crues, l'énergie hydroélectrique et un écoulement fluvial minimal (indispensable à des fins écologiques et de qualité de l'eau) dans des conditions climatiques et hydrologiques variables (Christensen *et al.*, 2004; Van Rheenen *et al.*, 2004). [GT II 18.4.3]

L'adaptation à une disponibilité en eau et à des régimes hydrologiques variables nécessitera également des apports permanents d'énergie supplémentaire. Dans les régions pauvres en eau, l'augmentation de la réutilisation des eaux usées et le traitement correspondant, le pompage en puits profonds et en particulier le dessalement à grande échelle, augmenteront la consommation d'énergie dans le secteur de l'eau (Boutkan et Stikker, 2004) et généreront donc des émissions de GES, à moins d'utiliser des options d'«énergie propre» pour produire l'énergie nécessaire. [GT II 18.4.3]