

Chapitre 2

Agriculture et qualité de l'eau : sources, tendances, perspectives et suivi

L'impact de l'agriculture sur la qualité de l'eau est stable ou s'aggrave, et rares sont les cas où l'on signale des améliorations notables dans les pays de l'OCDE entre le milieu des années 2000 et 2010. Actuellement, la situation est variable à l'intérieur des pays membres et entre eux, mais l'agriculture est souvent la principale source de pollution de l'eau. Il est difficile pour les responsables de l'action publique d'obtenir de nouvelles réductions de la pression exercée par l'agriculture, notamment parce qu'une grande part de la pollution de l'eau d'origine agricole provient de sources diffuses. Les perspectives de l'agriculture et de la qualité de l'eau sur les dix années à venir indiquent que l'expansion et l'intensification de la production agricole pourraient accroître encore les pressions sur les systèmes aquatiques dans certains pays. Mais quelles que soient les prévisions pour l'avenir, les objectifs de qualité de l'eau dans l'agriculture seront de plus en plus difficiles à atteindre dans les années à venir du fait du changement climatique, même si cette dimension du phénomène est encore mal connue et a été peu étudiée à ce jour.

2.1. Sources de la pollution de l'eau d'origine agricole

L'agriculture est parvenue avec grand succès à accroître sa production, afin de répondre aux besoins croissants de la population mondiale en termes d'alimentation humaine et animale, de fibres et de carburants. Cette expansion a été rendue possible, en partie, par l'utilisation accrue d'éléments fertilisants et de pesticides, et par l'intensification des systèmes de culture et d'élevage, notamment l'irrigation. Néanmoins, les exploitations agricoles n'utilisent pas ces intrants de manière totalement efficace. De même, l'intensification a mené à la dégradation et à la fragilisation des sols, à la disparition de la végétation, à un plus fort drainage des terres, et à d'autres perturbations du milieu naturel.

Ces modifications, associées à un large éventail de paysages (des montagnes aux zones inondables), de climats, de régimes de précipitations, de types de sols et de couvertures végétales, ont entraîné le rejet de nombreux éléments fertilisants, pesticides, sols et autres polluants issus des activités agricoles dans les systèmes aquatiques (tableau 2.1). Les polluants sont acheminés vers les eaux de surface et souterraines par divers processus : par dissolution (lessivage), fixation de polluants aux sédiments des sols en érosion (ruissellement) et émissions gazeuses (volatilisation) à partir des effluents d'élevage et des pesticides, pouvant se déposer dans l'eau (graphiques 2.1 et 2.2). Le drainage souterrain des champs et l'irrigation des cultures peuvent également amplifier le rejet de polluants dans l'eau.

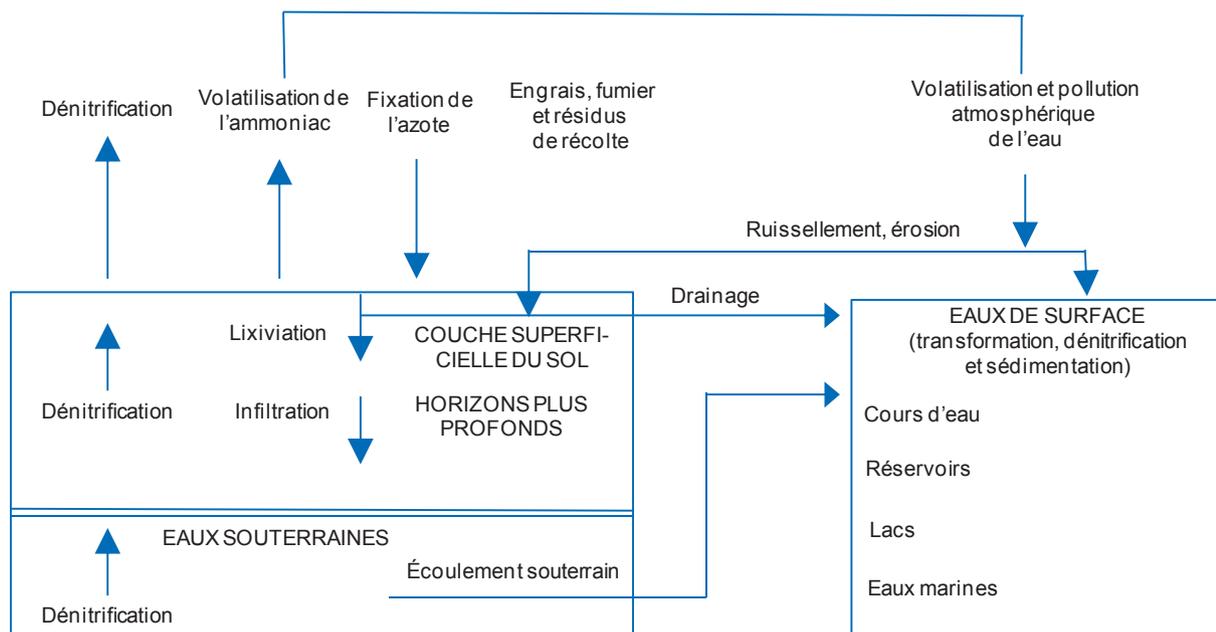
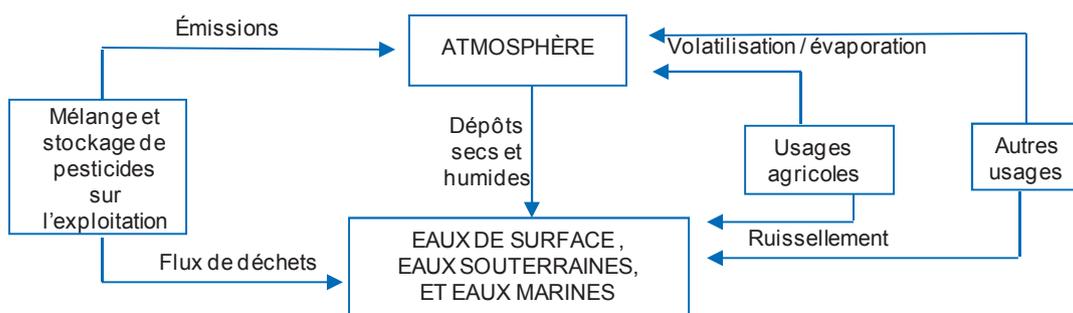
Les principales conséquences de cette situation sont l'eutrophisation de l'eau, l'alluvionnement des sols et la dégradation chimique de l'eau (imputable aux éléments nutritifs, pesticides, sels, produits pharmaceutiques et déchets chimiques des fermes). Toutefois, grâce à certaines pratiques de gestion, l'agriculture peut être profitable à la qualité de l'eau, ou avoir peu d'impact sur les systèmes aquatiques, comme nous l'avons déjà indiqué. Les niveaux élevés de polluants provenant de l'agriculture ont des effets dommageables sur (tableau 2.1 ; chapitre 3) :

- *l'environnement*, qui comprend non seulement les écosystèmes aquatiques (terres humides, écosystèmes marins, etc.), mais aussi la faune tributaire de leur viabilité ;
- *l'agriculture, la pêche et les autres usages commerciaux*, aussi bien la pêche en mer que la pêche en eau douce, et d'autres usages commerciaux de l'eau ;
- *les usages des systèmes aquatiques qui ne consomment pas la ressource* : principalement les activités de loisir (baignade, par exemple), l'agrément visuel (paysages aquatiques) et les fonctions sociales (spirituelles, par exemple) ;
- *la santé humaine*, essentiellement du fait de la présence de contaminants dans l'eau de boisson et de la qualité de l'eau de baignade.

Tableau 2.1. Sources agricoles de pollution des eaux¹

Polluant	Principal problème de qualité de l'eau imputable à ce polluant	Principales activités agricoles émettrices de ce polluant
– Éléments nutritifs (principalement des nitrates et des phosphates)	– Eutrophisation et altération de l'eau potable dommageables surtout à la vie aquatique mais aussi à la santé humaine dans certains cas	– Production agricole (ruissellement dans l'eau des excédents de nitrates et de phosphates présents dans les engrais et les effluents d'élevage)
– Contaminants toxiques (métaux lourds et pesticides surtout)	– Perturbation de la vie aquatique et altération de l'eau potable (contamination de l'eau)	– Épandage de boues d'épuration sur les terres agricoles (métaux lourds) et protection phytosanitaire (pesticides)
– Sédiments	– Perturbation de la vie aquatique et du transport par voie navigable (turbidité de l'eau)	– Mauvaises pratiques de conservation des sols (érosion éolienne et hydrique)
– Matière organique	– Perturbation de la vie aquatique (désoxygénation de l'eau)	– Épandage d'effluents d'élevage
– Substances acides	– Perturbation de la vie aquatique (acidification de l'eau)	– Élevage (volatilisation d'ammoniac)
– Contaminants biologiques	– Altération de l'eau potable (bactéries et virus pathogènes) et de l'eau de baignade	– Rejet des matières fécales du bétail dans l'eau
– Sels minéraux	– Altération de l'eau potable, perturbation de l'utilisation de l'eau dans l'irrigation et perturbation de la vie aquatique (salinisation de l'eau)	– Mauvaise utilisation des sols (élimination de végétation pérenne et pratiques d'irrigation)

Note : 1. L'agriculture est une source importante des polluants répertoriés dans ce tableau, mais il en existe d'autres (utilisation des engrais et pesticides en zone urbaine, par exemple).

Graphique 2.1. **Présence d'éléments fertilisants dans l'eau : parcours en fonction des utilisations agricoles**Graphique 2.2. **Pesticides dans l'eau : parcours en fonction des utilisations agricoles**

2.2. Contribution de l'agriculture à la pollution de l'eau

Il est important de rappeler que si l'agriculture contribue à la pollution des systèmes aquatiques, elle n'en est pas la seule cause. Des sources naturelles, urbaines et industrielles continuent d'y concourir, moyennant le ruissellement, et produisent des polluants que l'on associe communément à l'agriculture, comme les pesticides utilisés en ville, les sédiments provenant de l'érosion naturelle et des chantiers de construction, et la pollution atmosphérique des eaux dues à l'industrie (Farzin et Grogan, 2008 ; Wittmer et autres, 2011). Les activités agricoles provoquent en général le rejet accidentel de polluants : dans la plupart des situations, il est techniquement impossible d'éviter complètement la pollution. Même dans des milieux aquatiques vierges de toute pollution, des sources naturelles (particules minérales du sol, etc.) peuvent modifier les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau. Dans le secteur agricole, le défi consiste davantage à trouver des moyens d'accroître la production tout en limitant le

plus possible la perte de contaminants agricoles et les dommages qui s'ensuivent sur la qualité de l'eau (Galloway et autres, 2008).

La *perte de fond (ou naturelle)* d'azote dans les systèmes aquatiques est habituellement faible par rapport aux pertes dues aux activités humaines. En règle générale, cette perte naturelle est évaluée à environ 1-2 kg/ha ; elle est attribuée à l'action des organismes fixateurs d'azote, de la foudre et d'autres sources (Dubrovsky et autres, 2010; Agence européenne pour l'environnement, 2005). Ce phénomène ne constitue pas une situation de référence, car de nombreux pays de l'OCDE sont soumis à d'importants dépôts atmosphériques d'ammoniac et d'hémioxyde d'azote. En ce qui concerne le phosphore, la perte de fond est généralement estimée à environ 0.1 kg/ha ; elle dépend principalement des conditions géologiques auxquelles sont soumis les sédiments et les roches (Dubrovsky et autres, 2010 ; Agence européenne pour l'environnement, 2005).

Quoi qu'il en soit, l'agriculture est une source importante d'azote, de phosphore et de pesticides dans les eaux de surface, souterraines et marines de la plupart des pays de l'OCDE. Elle est aussi le principal responsable de l'alluvionnement des eaux de surface, en raison de l'érosion des sols (Agence européenne pour l'environnement, 2005 ; OCDE, 2008a).

Dans bon nombre de pays, la part de l'agriculture dans la pollution totale des eaux de surface par les *nitrites* dépasse 40 % (OCDE, 2008a). On dispose de peu d'éléments concernant la contribution de l'agriculture à la pollution des eaux souterraines, mais certaines informations laissent à penser qu'elle serait moins importante que pour les cours d'eau et les lacs, tout en connaissant une augmentation. L'agriculture est également à l'origine de plus de 40 % des concentrations en azote détectées dans les eaux côtières et estuariennes de nombreux pays, et elle est souvent considérée comme la principale cause de l'eutrophisation (OCDE, 2008a). Mais la part des nitrates d'origine agricole dans les eaux de surface et côtières peut grandement fluctuer en fonction des débits fluviaux annuels et saisonniers.

Dans la plupart des cas, la pollution agricole des masses d'eau par le *phosphore* est moins importante que celle par les nitrates, surtout car les ménages et les industries en sont les sources principales (Agence européenne pour l'environnement, 2005 ; OCDE, 2008a). L'agriculture est toutefois une source majeure de phosphore dans les eaux de surface et côtières, pouvant atteindre plus de 40 % dans certains pays de l'OCDE (OCDE, 2008a).

L'agriculture est généralement la principale source de pollution des systèmes aquatiques par les *pesticides*, mais des études récentes soulignent la nécessité d'accorder davantage d'attention aux autres sources dans la formulation des stratégies d'atténuation, notamment aux forêts, aux jardins urbains et aux parcours de golf (Wittmer et autres, 2011). Par exemple, l'agriculture représente 75 % de l'utilisation de pesticides aux **États-Unis**, et 65-70 % en **Belgique** (OCDE, 2008a).

L'*érosion des sols* peut découler de bon nombre d'activités économiques (sylviculture, construction, utilisation de véhicules tout terrain) et de phénomènes naturels (incendies, inondations, sécheresses). Dans de nombreux cas toutefois, l'agriculture est la principale origine du phénomène. En règle générale, les terres arables cultivées et les cultures permanentes (les vergers, par exemple) sont plus susceptibles que les zones de pâturage de subir un niveau d'érosion élevé. Cela s'explique par le fait que les terres en pâturage présentent habituellement un couvert végétal tout au long de l'année. Cependant,

dans certaines situations caractérisées par une absence de couvert végétal naturel, les cultures et les pâturages agricoles peuvent contribuer à réduire l'érosion.

L'agriculture peut également subir la pollution imputable à d'autres sources. Les cultures irriguées sont particulièrement exposées à ce problème : l'eau puisée peut en effet avoir été polluée, en amont, par d'autres producteurs agricoles ou encore par des sources urbaines et industrielles. Au **Chili**, par exemple, le district d'irrigation de Fondo Quimavida, au centre du pays, se situe en aval de la ville de Rancagua qui rejette ses eaux usées dans le réseau fluvial alimentant le district d'irrigation, ce qui entraîne une détérioration microbiologique (coliformes fécaux) des eaux utilisées par les irrigants¹. Inversement, les eaux usées correctement traitées peuvent être utilisées pour irriguer les cultures, comme c'est le cas en **Israël** (encadré 1.2).

2.3. Évolutions générales de l'impact de l'agriculture sur la qualité de l'eau

Il convient de mettre en perspective l'ampleur de l'altération des systèmes aquatiques due à l'agriculture telle qu'elle est décrite dans le présent chapitre. Dans la plupart des régions des pays de l'OCDE, la qualité de l'eau de consommation est élevée et les risques sanitaires imputables à cette eau sont limités, même si le coût des traitements destinés à supprimer les polluants présents dans l'eau brute est parfois élevé (chapitre 4). Toutefois, dans certaines zones rurales des pays de l'OCDE dépourvues de réseaux d'eau potable, les problèmes sanitaires peuvent être plus importants, notamment lorsque l'eau est prélevée dans des puits.

De plus, comme nous l'avons indiqué plus haut, l'agriculture n'est pas la seule source de contamination des systèmes aquatiques. L'eutrophisation de ces derniers due à l'agriculture se généralise et s'aggrave, ce qui porte atteinte aux écosystèmes, à la pêche commerciale, aux activités récréatives et aux autres fonctions non marchandes des eaux. La pollution de l'eau par des contaminants émergents provenant de l'agriculture suscite elle aussi de plus en plus d'inquiétude, qu'il s'agisse de ses conséquences sur la santé humaine ou sur l'environnement. Ces questions sont traitées avec plus de précision à la fin du présent chapitre.

L'enquête de l'OCDE (2008a) sur les impacts globaux de *l'agriculture sur les systèmes aquatiques sur la période allant de 1990 au milieu des années 2000 dans les pays membres* a donné les résultats suivants :

- La pression exercée par l'agriculture sur la qualité de l'eau dans les rivières, les lacs, les eaux souterraines et côtières s'est relâchée depuis le début des années 1990, grâce à une utilisation moins excessive d'éléments fertilisants et de pesticides, et à l'amélioration des méthodes de conservation des sols, qui a permis d'en réduire l'érosion.
- Dans près de la moitié des pays de l'OCDE, les teneurs en éléments fertilisants et en pesticides dans les sites de surveillance des eaux de surface situés en zones agricoles étaient supérieures aux limites nationales recommandées pour l'eau potable. La proportion était nettement plus élevée encore s'agissant des cours d'eau et des lacs surveillés qui ne satisfont pas aux limites ou orientations nationales recommandées concernant les utilisations récréatives et environnementales, et l'agriculture est une cause importante de la pollution par les éléments nutritifs et les pesticides dans bien des cas.
- Au cours de la période étudiée, dans de nombreux pays de l'OCDE, l'agriculture était la principale source de pollution des eaux souterraines (puits peu profonds et aquifères

profonds), notamment du fait des éléments fertilisants et des pesticides, même si les données sur cette pollution sont limitées. Cette situation est particulièrement préoccupante là où les eaux souterraines constituent une source importante d'approvisionnement en eau de boisson pour les populations et l'élevage, et ce d'autant plus que le rythme de régénération naturelle peut se mesurer en décennies, particulièrement dans le cas des aquifères profonds. Divers éléments tendraient par ailleurs à indiquer une progression de la pollution des eaux souterraines par les pesticides malgré la diminution de la consommation de ces produits, principalement en raison du temps qu'il leur faut parfois pour traverser les couches du sol jusqu'aux aquifères.

Depuis l'enquête sur l'évolution de la qualité de l'eau liée à l'agriculture dans les pays de l'OCDE (2008a), une *analyse d'études nationales plus récentes* (milieu des années 2000 à 2010) suggère que la pollution de l'eau par l'agriculture est stable ou s'est aggravée dans la plupart des cas. Les niveaux de pollution agricole demeurent élevés en termes absolus et il est difficile d'obtenir de nouvelles réductions dans la plupart des pays de l'OCDE, notamment en ce qui concerne les sources diffuses. Rares sont les cas où l'on signale des améliorations notables si l'on en croit les quelques comptes rendus résumés ci-après².

- **Union européenne** (chapitre 5.1) : d'après l'évaluation de la Commission européenne, 40 % des eaux de surface et 30 % des eaux souterraines de l'UE risquent de ne pas satisfaire aux objectifs de bon état chimique et écologique établis en application de la *directive-cadre sur l'eau* (DCE) (Kanakoudis et Tsitsifli, 2010). Dans la majorité des pays de l'UE, l'agriculture constitue une source importante d'éléments fertilisants et de pesticides dans les eaux de surface et souterraines (Agence européenne pour l'environnement, 2010). Ces États présentent certes des différences concernant l'évolution des excédents d'éléments fertilisants d'origine agricole et les pressions qu'ils exercent sur les systèmes aquatiques en valeur absolue ; toutefois la contribution de l'agriculture y demeure élevée. En particulier, dans la majorité des pays de l'UE, l'agriculture est responsable de plus de 50 % des apports d'azote total dans les eaux de surface, même si ces rejets tendent globalement à fléchir depuis le début des années 90 (Agence européenne pour l'environnement, 2010 ; Commission européenne, 2010 ; OCDE, 2008a). Cela étant, près d'un tiers des stations de surveillance des eaux de surface et souterraines de l'UE15 continuent de signaler une tendance à la hausse des concentrations de nitrates, tandis que l'eutrophisation des eaux douces et marines est significative (Commission européenne, 2010).
- **Mer Baltique** (chapitre 5.7) : dans la région du bassin hydrographique de la mer Baltique, les intrants sont la principale source anthropogénique d'azote dans l'eau, et constituent une source diffuse d'origine essentiellement agricole (HELCOM 2009a ; Malmaeus et Karlsson, 2010). Ces apports comptent pour 71 % de la charge totale dans les eaux de surface de la zone du bassin versant. À elle seule, l'agriculture apporte environ 80 % de la charge diffuse totale rapportée. Les charges de phosphore les plus élevées étaient imputables à des sources ponctuelles (56 %), surtout les communes qui constituaient 90 % des rejets provenant de sources ponctuelles en 2000, les 44 % restants provenant de sources diffuses. Pour certains pays riverains de la mer Baltique, comme la **Finlande** et la **Suède**, l'agriculture est la première source de phosphore dans cette mer.
- **Suisse** : la qualité de la majeure partie des eaux de surface et souterraines est bonne mais des problèmes se posent par endroits, notamment en ce qui concerne les niveaux

de nitrates et de pesticides dans les zones où est pratiquée l'agriculture intensive. D'après les estimations, le lessivage des nitrates dans les eaux souterraines est imputable aux trois quarts aux terres agricoles ; il provoque des problèmes d'eutrophisation et le non-respect des normes de qualité de l'eau potable.

- **Norvège** : il est admis que l'agriculture a une incidence sur la qualité de l'eau qui se manifeste par la présence de sédiments et de phosphates du fait de l'érosion des sols et par la présence de nitrates et de phosphates liée à l'épandage d'engrais et d'effluents d'élevage. Ces phénomènes contribuent à l'eutrophisation de certains lacs et zones côtières, en particulier dans le Sud. Cependant, la dégradation de la qualité des eaux de surface a plus souvent pour origine l'acidification, laquelle n'est pas due aux activités agricoles. Les rejets de l'agriculture dans les eaux côtières sont importants (60 % de l'azote et 45 % du phosphore rejetés dans les zones bordant la mer du Nord classées sensibles aux termes des déclarations sur la mer du Nord). L'aquaculture joue toutefois un rôle important, notamment en ce qui concerne les phosphates (OCDE, 2011d).
- **Turquie** : la qualité des eaux de surface est dégradée dans la plupart des bassins agricoles à un degré plus ou moins élevé et les eaux souterraines sont contaminées par les éléments nutritifs et les pesticides dans certains endroits. Des problèmes de salinité se posent également dans certains cas. La pollution des côtes est problématique, en particulier dans la mer Noire, mais elle est aussi imputable en grande partie à d'autres secteurs que l'agriculture et aux pays voisins.
- **Israël** (OCDE, 2010c) : la pollution de l'eau par les activités agricoles est un problème ancien en Israël. Les principales formes de pollution sont la salinisation de l'eau due aux pratiques d'irrigation et le ruissellement de pesticides et d'éléments nutritifs imputable aux cultures et à l'élevage. L'agriculture est aussi à l'origine d'une pollution des eaux et de l'air par les sédiments, les déchets d'abattoir et les résidus de plastique. Elle concourt en grande partie à la pollution de l'eau, mais d'autres sources sont en cause également, notamment les activités industrielles et l'élimination des eaux usées urbaines. La question de la qualité de l'eau est inextricablement liée à celle des ressources en eau, dans la mesure où la pression exercée sur ces dernières conduit à une détérioration de la première. De manière générale, les activités agricoles dégradent la qualité des eaux de surface, souterraines et côtières. Presque tous les cours d'eau sont pollués, même si la qualité de l'eau s'améliore dans quelques-uns. Les activités de loisir ne sont autorisées que sur quelques tronçons.
- **Canada** (Eilers et autres, 2010) : pour ce qui est des risques qu'elle fait peser sur la qualité de l'eau, la performance environnementale de l'agriculture est actuellement satisfaisante mais elle a globalement diminué depuis 1981 par rapport au niveau souhaité. L'augmentation de l'utilisation d'éléments nutritifs (N et P) sous forme d'engrais et d'effluents d'élevage est le principal facteur de la tendance à la baisse de l'indice de performance de la qualité de l'eau au Canada. Le transfert des troupeaux de l'Est du pays vers les Prairies a entraîné une diminution de la performance agroenvironnementale en ce qui concerne le risque de contamination de l'eau par les coliformes. Dans le reste du Canada, notamment dans l'Est, la contraction globale du cheptel a stabilisé la situation. Des efforts plus importants sont nécessaires sur tout le territoire pour limiter les risques de migration des éléments nutritifs, des pesticides et des coliformes dans les eaux de surface, ainsi que le lessivage au-delà de la profondeur d'enracinement de la végétation. Ils s'imposent en particulier dans les parties du pays plus exposées aux précipitations.

- **États-Unis** (chapitre 5.2) : d'après le *programme national d'évaluation de la qualité de l'eau* du US Geological Survey (USGS, 2010), les incidences de l'agriculture sur la qualité de l'eau sont importantes même si leur nature et leur gravité varient d'une région à l'autre. Notamment, les concentrations de sédiments, la contamination bactériologique, les éléments nutritifs et les pesticides contribuent aux problèmes à des degrés divers sur l'ensemble du territoire. Cinq grands écosystèmes sont particulièrement sensibles aux polluants agricoles : les Grands lacs, la baie de Chesapeake, les Everglades et le Sud de la Floride, la baie et le delta de Californie, et le bassin du Mississippi/golfe du Mexique (Maison blanche, 2011). D'après les estimations, l'agriculture serait responsable au niveau national d'environ 60 % de la pollution des cours d'eau, de 30 % de la pollution des lacs et de 15 % de la pollution des estuaires et des eaux côtières. Dans ce dernier cas, par exemple, l'agriculture est la principale source d'apports de sédiments, d'azote et de phosphore dans la baie de Chesapeake. La superficie de la zone hypoxique (morte) du golfe du Mexique, repérée pour la première fois dans les années 70, a considérablement augmenté depuis. D'après des estimations de la US National Oceanic and Atmospheric Administration, elle dépasse 2 millions d'hectares en 2011, mais elle varie d'une année sur l'autre suivant les conditions météorologiques (Devine, Dorfman et Rosselot, 2008 ; Rabotyagov et autres, 2010). L'agriculture contribue aussi notablement à la contamination des eaux souterraines (puits et aquifères) dans tout le pays, notamment sous l'effet du lessivage des éléments nutritifs et des pesticides (USGS, 2010). Des mélanges de contaminants, en particulier des mélanges de pesticides et de produits vétérinaires utilisés en agriculture avec d'autres contaminants artificiels ou naturels, sont observés de plus en plus souvent un peu partout et font craindre pour la qualité de l'eau (USGS, 2010).
- **Mexique** : l'irrigation est très répandue et provoque des problèmes de salinisation et de drainage dans certaines zones. Beaucoup de sources souterraines d'approvisionnement sont surexploitées, ce qui entraîne une diminution du débit des cours et, par voie de conséquence, une hausse de la concentration des polluants et une dégradation des conditions écologiques. Environ 25 % des eaux de surface sont considérés comme contaminés ou très contaminés. La surveillance de la qualité de l'eau s'améliore, mais les niveaux de nitrates et de pesticides posent moins de problèmes que les contaminations bactériennes qui motivent des investissements importants dans le traitement de l'eau et les infrastructures hydrauliques afin de remédier aux pollutions industrielles et urbaines. Le Mexique partage de grands bassins hydrographiques avec Belize, le Guatemala et les **États-Unis**, ce qui fait que certains phénomènes sont transfrontières.
- **Chili** : il est admis que l'agriculture a un impact sur la qualité de l'eau non seulement du fait de l'intensité des applications de produits chimiques et des épandages d'éléments nutritifs, mais aussi à cause des changements d'utilisation des terres, notamment des forêts. Parmi les conséquences figurent la contamination de l'eau potable, mais aussi l'eutrophisation des lacs et des eaux côtières, qui fait obstacle aux activités récréatives et à la pêche. Cependant, la mesure biophysique des impacts est relativement médiocre et la pollution imputable à d'autres sources, comme l'aquaculture, l'industrie lourde et les eaux usées municipales, est généralement considérée comme un enjeu plus urgent. Il est admis que, pour éviter des problèmes observés dans d'autres pays, des études s'imposent sur l'ampleur et l'importance relative des impacts agricoles (Pizarro et autres, 2010).

- **Japon** (OCDE, 2010d) : plus de 90 % des cours d'eau répondent aux normes de qualité de l'eau en rapport avec la santé, mais ce n'est souvent pas le cas des lacs, réservoirs et eaux côtières. Les nitrates, pesticides et sédiments provenant des activités agricoles sont considérés comme faisant partie des causes des problèmes, au même titre que les rejets d'autres sources (eaux usées, industrie, etc.). Imputable aux éléments nutritifs provenant entre autres de l'agriculture et notamment des élevages intensifs, mais aussi à l'utilisation des engrais, l'eutrophisation continue de poser des problèmes et provoque fréquemment la prolifération des algues (marées rouges ou bleues), ce qui porte atteinte à la vie aquatique dans les zones côtières et majore les coûts de traitement de l'eau issue des captages situés à l'intérieur des terres (Ileva et autres, 2009). La qualité des eaux souterraines s'améliore : les teneurs en azote (toutes sources confondues y compris l'agriculture) sont dépassées dans 4 % des puits surveillés et les teneurs en pesticides dans moins de 0.1 % des puits. La capacité des rizières à reproduire les zones humides naturelles et à filtrer les éléments nutritifs en excédent est avantageuse sur le plan de la qualité de l'eau (chapitre 1.4).
- **Corée** : malgré des améliorations, environ un tiers des cours d'eau ne respectent pas les normes coréennes de qualité et plus d'un quart des lacs sont atteints par l'eutrophisation. Les eaux souterraines sont de meilleure qualité, mais 6 % ne sont toujours pas conformes. L'eutrophisation pose localement des problèmes à la pêche et à l'aquaculture. Il est admis que l'agriculture fait partie des sources diffuses de pollution. L'augmentation du nombre d'animaux d'élevage fait peser une pression croissante sur les systèmes aquatiques. Réplique des zones humides naturelles, les rizières ont la capacité d'améliorer la qualité de l'eau.
- **Australie** (chapitre 5.3) : les problèmes posés par les polluants agricoles et la salinité sont exacerbés par la réduction des débits due aux prélèvements et à la diminution des précipitations ces dernières années. La plupart des cours d'eau sont très détériorés, en particulier dans le bassin Murray-Darling, principale région agricole d'Australie. La qualité de l'eau de boisson est dégradée dans beaucoup d'endroits et les zones côtières situées en aval des grandes régions agricoles souffrent des apports de sédiments et d'éléments nutritifs. En ce qui concerne la santé écologique de la Grande barrière de corail (GBC), des études récentes indiquent que cette dernière reçoit de plus en plus de sédiments, de phosphore et d'azote et que l'agriculture fait partie en l'occurrence des principaux responsables des problèmes de qualité de l'eau dans la GBC (Rolfe et Windle, 2011). Toutefois, en l'absence d'un système national de surveillance, il est difficile d'évaluer les tendances nationales de la qualité de l'eau liées à l'agriculture (OCDE, 2008a).
- **Nouvelle-Zélande** (chapitres 5.4 et 5.6) : globalement, la qualité de l'eau est élevée, mais elle pose des problèmes dans un certain nombre de cours d'eau en plaine. Des opérations onéreuses de remise en état sont en cours dans certains lacs symboliques et des questions se posent sur l'état des eaux souterraines. Au niveau national, les rejets diffus excèdent désormais grandement la pollution issue de sources ponctuelles. Environ 64 % des lacs surveillés en paysages pastoraux sont classés eutrophes, voire pire (Ballantine et Davies-Colley, 2009 ; Land and Water Forum, 2010 ; Verburg et autres, 2010). La qualité des eaux souterraines se détériore : un tiers des sites surveillés entre 1995 et 2008 affichent des niveaux de nitrates en augmentation (Daughney et Randall, 2009).

Eutrophisation des cours d'eau, lacs et eaux côtières

L'eutrophisation est la principale cause de dégradation de la qualité de l'eau dans le monde. Ce phénomène est dû à l'apport excessif d'éléments fertilisants dans l'eau (azote et phosphore), conséquence d'activités humaines telles que l'agriculture (Díaz, Rabalais et Breitburg, 2012). Plus simplement, l'eutrophisation peut être définie comme l'augmentation du taux de production et d'accumulation de carbone organique, au-delà de ce que l'écosystème est normalement capable de prendre en charge. Nocive pour l'eau douce et les écosystèmes marins, l'eutrophisation entraîne une succession de symptômes :

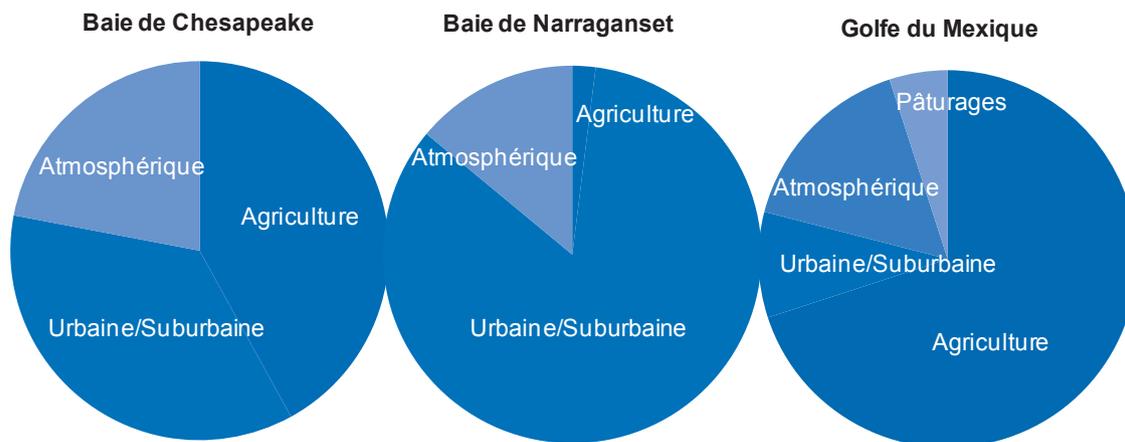
- Croissance excessive de plancton végétal et de macro-algues, qui est une source de carbone organique. Ce phénomène peut entraver la pénétration de la lumière, entraînant ainsi une réduction de la végétation aquatique immergée.
- Déséquilibre entre les rapports nutritifs pouvant entraîner une modification de la composition des espèces de plancton végétal, créant un milieu favorable à la prolifération d'algues toxiques. La prolifération de ces algues peut provoquer la mort des ressources marines et rendre toxiques les crustacés consommés par les humains.
- Modification de la composition spécifique et de la biomasse benthique (espèces vivant dans les profondeurs des mers et des lacs), entraînant *in fine* un appauvrissement de la biodiversité et une prédominance progressive d'organismes gélatineux, tels que des méduses.
- Affaiblissement des taux d'oxygène dissous et création de zones hypoxiques ou mortes (eaux appauvries en oxygène). Ces zones déficitaires en oxygène perturbent les écosystèmes aquatiques, ce qui conduit souvent à la mort de poissons, à l'altération des flux d'énergie dans les écosystèmes, et dans les cas graves, à leur effondrement. L'hypoxie constitue le symptôme d'eutrophisation le plus sévère. Elle peut rendre certains cours d'eau, lacs et eaux côtières impropres aux usages récréatifs.

Phénomène répandu dans les pays de l'OCDE, l'eutrophisation perturbe les cours d'eau, lacs et réservoirs du monde entier, à des niveaux de gravité variables. C'est toutefois sur les écosystèmes estuariens, côtiers et en mer profonde que son impact s'avère le plus grave, avec des conséquences néfastes pour l'aquaculture et la pêche en mer.

D'après les estimations actuelles, l'hypoxie liée à l'eutrophisation touche chaque année au moins 240 000 km² dans le monde entier. Près de 70 000 km² sont des eaux côtières (estuaires, eaux saumâtres et baies), et environ 170 000 km² sont des eaux situées au large des côtes. En outre, 1.1 million de km² de fond, au large du plateau continental, sont perturbées par des zones naturellement très pauvres en oxygène. Au total, environ 4 % des eaux estuariennes/saumâtres et près de 5 % du plateau continental sont touchés par un type d'hypoxie, ce qui se traduit par une perte de services écosystémiques évaluée à plusieurs milliards USD (Díaz, Rabalais et Breitburg, 2012).

Les éléments fertilisants parvenant aux eaux côtières proviennent de sources diverses, qui varient d'un écosystème à un autre (Díaz, Rabalais et Breitburg, 2012). Ces substances pénètrent dans les écosystèmes côtiers par dépôt atmosphérique, par ruissellement des eaux de surface et par le biais des eaux souterraines. Aux **États-Unis**, par exemple, les eaux usées municipales constituent la cause principale d'eutrophisation dans la baie de Narragansett (estuaire situé au nord-est du pays) ; dans le Nord du Golfe du Mexique, c'est l'agriculture ; et dans la baie de Chesapeake, les sources atmosphériques, urbaines/suburbaines et agricoles (estuaire situé sur la côte Est) jouent à

Graphique 2.3. Comparaison des contributions relatives des principales sources de pollution par l'azote dans trois écosystèmes côtiers sous hypoxie, aux États-Unis



Note : Les sources urbaines/suburbaines comprennent aussi bien les sources ponctuelles (effluents industriels et d'eaux usées) que les sources diffuses (ruissellement domestique).

Source : Díaz, Rabalais et Breitburg, 2012, *Agriculture's Impact on Aquaculture: Hypoxia and Eutrophication in Marine Waters*, Rapport de Consultant de l'OCDE disponible à l'adresse: www.oecd.org/agriculture/eau, d'après Jewett, E.B. et autres, (2009), *Scientific assessment of hypoxia in U.S. coastal waters*, Interagency Working Group on Harmful Algal Blooms, Hypoxia, and Human Health of the Joint Subcommittee on Ocean Science and Technology, Washington, D.C., États-Unis.

part égale (graphique 2.3). L'importance relative des sources d'éléments fertilisants diffère grandement d'une région à une autre ; ainsi, aux États-Unis et en UE, les sources agricoles constituent généralement les premières causes d'eutrophisation, tandis que dans d'autres pays de l'OCDE, la pollution due à ces nutriments est généralement attribuée aux eaux usées municipales.

Risques pour la santé humaine dus à la pollution de l'eau d'origine agricole

Les fortes concentrations de polluants d'origine agricole dans les systèmes aquatiques peuvent être dangereuses pour la santé humaine, notamment dans les cas où des substances comme les nitrates, des métaux lourds, des pesticides ou des organismes bactériens altèrent l'eau potable et de baignade (tableau 2.1). Globalement, dans les pays de l'OCDE, les effets dommageables des polluants agricoles sur la santé humaine sont extrêmement modestes lorsque l'eau distribuée par les réseaux est traitée. Des problèmes se posent néanmoins dans certaines zones rurales où l'eau est puisée sans traitement dans des puits, comme aux **États-Unis** (USGS, 2010). La qualité de l'eau à proximité des grandes exploitations d'élevage intensif suscite des inquiétudes également (West et autres, 2011).

Les effets sur la santé humaine de la présence de polluants agricoles dans l'eau potable sont en débat dans la communauté scientifique et au sein des pouvoirs publics, et, lorsqu'elles existent, les données attestant une aggravation des risques sanitaires manquent de clarté (Sutton et autres, 2011 ; US Department of Health and Human Services, 2010). C'est en partie dû aux lacunes scientifiques concernant les effets des mélanges de polluants présents dans l'environnement, lesquels peuvent provenir de différentes sources dont l'agriculture. Cette question n'est pas sans rapport avec celle des polluants émergents, examinée plus loin.

A titre d'exemple, citons les nitrates présents dans l'eau de boisson, qui peuvent provoquer des cancers et, (quoique rarement) chez l'enfant, des méthémoglobinémies (syndrome du bébé bleu). Dans l'UE15, par exemple, 3 % de la population est potentiellement exposée à des niveaux de nitrates (NO_3) supérieurs à la norme de 50 mg par litre d'eau potable. Cela peut provoquer une hausse de 3 % de l'incidence du cancer du colon, mais les nitrates sont aussi considérés comme bénéfiques sur le plan cardiovasculaire (Sutton et autres, 2011). On estime que cela représente pour la population de l'UE un coût économique supérieur à celui de la réduction de la consommation d'éléments nutritifs dans les zones d'agriculture intensive et/ou à celui de l'amélioration du traitement de l'eau (van Grinsven, Rabl et de Kok, 2010). Les auteurs de l'étude soulignent que, lorsqu'elles existent, les données épidémiologiques concernant l'aggravation du risque de cancer du colon liée aux nitrates sont fragiles, mais qu'au vu des avantages sanitaires qu'il serait possible de retirer d'une diminution de la présence de nitrates dans l'eau potable, des études épidémiologiques plus approfondies se justifieraient.

Ces dernières années, *les risques pour l'environnement et la santé liés à la présence dans les systèmes aquatiques de « contaminants émergents »* (CE) provenant de l'agriculture ou d'autres sources ont soulevé des inquiétudes croissantes. Les CE viennent de plusieurs types de produits : produits pharmaceutiques pour l'homme, médicaments vétérinaires, produits de la transformation de produits chimiques de synthèse, nanomatériaux, produits d'hygiène corporelle, peintures ou encore revêtements. Certains CE, à savoir les toxines naturelles, peuvent être formés en milieu naturel par les animaux, les végétaux et les microbes. Les différents CE entraînent une série d'effets non standards, qui sont fréquemment observés à des niveaux de concentration proches de ceux mesurés dans l'environnement. Toutefois, les répercussions de ces effets sur le fonctionnement de l'écosystème n'ont pas encore été établies (encadré 2.1).

Encadré 2.1. Contaminants émergents de l'eau imputables à l'agriculture

Jusqu'à très récemment, l'étude de l'impact de l'agriculture sur l'eau portait principalement sur les éléments fertilisants, les pesticides et les sols. Cependant, depuis quelques années, les risques des « contaminants émergents » (CE) présents dans l'eau pour l'environnement et la santé humaine suscitent de plus en plus d'inquiétudes. Les CE proviennent de plusieurs types de produits tels que les produits pharmaceutiques pour l'homme, les médicaments vétérinaires, les nanomatériaux, les produits d'hygiène corporelle, les peintures et les revêtements. Certains, comme des produits naturels et des produits de la transformation de produits chimiques de synthèse peuvent être formés dans l'environnement par des processus biochimiques survenant chez les animaux, les végétaux et les microbes.

L'aggravation des inquiétudes relatives aux risques présentés par les CE se trahit par une augmentation rapide du nombre de publications scientifiques étudiant les influences des CE au cours de la dernière décennie, et par la publication de nombreux articles à ce sujet dans la presse populaire du monde entier. Les CE ne sont pas nécessairement des substances chimiques nouvelles : il peut s'agir de substances présentes depuis longtemps dans l'environnement, mais dont l'existence et l'importance ne sont prises en considération qu'aujourd'hui. Les données concernant la plupart d'entre eux sont rares et les méthodes de détection dans le milieu naturel n'existent pas toujours ou n'en sont qu'aux premiers stades de leur développement.

Les CE sont rejetés de différentes manières en milieu agricole, soit directement (produits vétérinaires administrés aux animaux qui paissent), soit indirectement lors de l'épandage d'effluents d'élevage, de biosolides ou de tout autre déchet solide sur le sol. Une fois présents dans le sol, les CE peuvent atteindre les masses d'eau par lessivage, ruissellement ou drainage. Leur déplacement dépend de leur persistance et de leurs interactions avec les sols et les particules sédimentaires. Beaucoup semblent avoir un comportement différent des autres contaminants agricoles (pesticides, etc.) en milieu agricole. Les méthodes de modélisation élaborées pour prévoir les propriétés et les risques d'autres contaminants ne sont donc pas toujours adaptées aux CE.

Encadré 2.1. (suite)

S'il existe déjà de nombreuses études portant sur la présence d'un grand nombre de CE, très peu ont abordé spécifiquement la présence de CE en milieu agricole, mais elles ont mis en évidence une série de CE tels que des médicaments vétérinaires et des produits de la transformation des pesticides. Les concentrations observées sont généralement très faibles.

Détecter des CE dans le milieu naturel peut s'avérer délicat. Il existe toutefois des méthodes fiables pour identifier de nombreux CE. Mais les méthodes de détection et d'identification des nanoparticules conçues par l'homme dans les sols et les eaux naturelles sont peu développées à l'heure actuelle.

L'environnement est exposé à une combinaison de CE et d'autres contaminants. Il est probable que l'impact de ce mélange soit plus fort que celui de chaque substance isolée. D'où l'importance de fournir davantage d'efforts pour examiner les conséquences éventuelles de ces combinaisons, et leurs risques. Ce problème d'ordre général concerne également des contaminants non émergents, tels que les pesticides et les métaux lourds.

De nouveaux CE sont appelés à faire leur apparition, suite aux évolutions de la démographie, des facteurs socioéconomiques, de l'utilisation des terres et du climat. Il est important de commencer à élaborer des mesures pour anticiper ces évolutions, et d'identifier les CE les plus inquiétants, pour concentrer les ressources sur les problèmes les plus sérieux. Plusieurs dispositifs visant à établir des priorités entre les différentes catégories de CE existent déjà. Ils nécessitent toutefois des recherches supplémentaires et une application plus large. Afin de coordonner les ressources, il peut s'avérer judicieux de créer une instance de surveillance internationale des CE, et de promouvoir une meilleure coopération entre les pays.

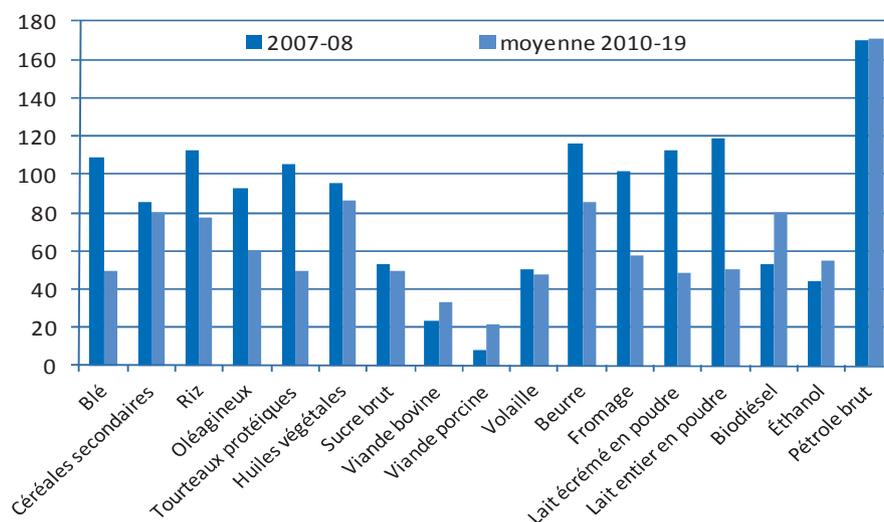
Source : Secrétariat de l'OCDE, d'après Boxall A. (2012), *New and Emerging Water Pollutants arising from Agriculture*, Rapport de Consultant de l'OCDE, disponible à l'adresse : www.oecd.org/agriculture/eau.

2.4. Perspectives à moyen terme et implications du changement climatique

Perspectives à moyen terme

Les *Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO* (OCDE, 2011e) prévoient une hausse continue des prix des céréales, du sucre et des oléagineux sur la décennie s'achevant en 2020, en termes nominaux et réels (compte tenu de l'inflation). Ces prix devraient rester très au-dessus des niveaux observés ces dix dernières années, mais se situer en deçà des sommets atteints en 2007-08 et 2010-11 (graphique 2.4).

Graphique 2.4. **Projections de l'OCDE sur les prix internationaux des produits de base en termes réels, à l'horizon 2019**

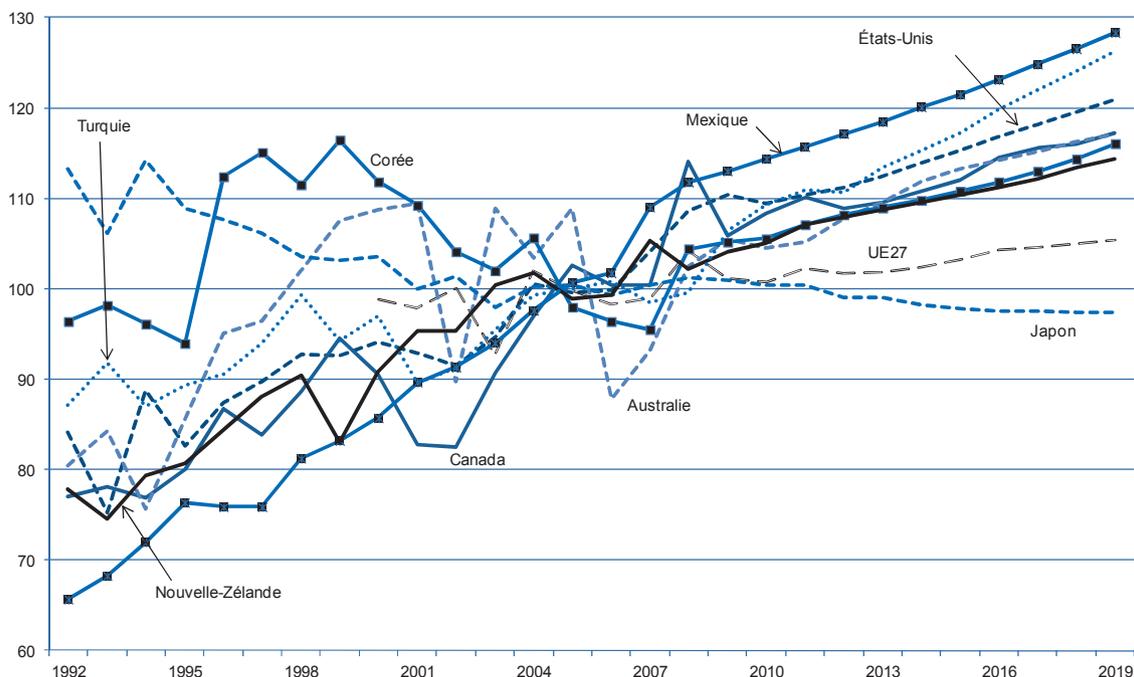


Note : La période de référence pour le biodiésel et l'éthanol est 2001-06.

Source : OCDE (2010), *Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2010-2019*, www.agri-outlook.org

D'après ces projections, les cultures de biocarburants devraient également suivre une tendance similaire, avec une hausse des prix réels du biodiesel et de l'éthanol. Les prix de l'élevage (en dehors de la viande porcine) devraient enregistrer des augmentations plus modestes au cours de cette décennie. Les prix moyens des produits laitiers devraient quant à eux grimper de 30 à 70 % en 2011-20 par rapport à 2001-10 (graphique 2.4) (OCDE, 2011e).

Graphique 2.5. Évolution de la production agricole nette dans quelques pays, entre 1992 et 2019 (indice 2004-06 = 100)



Note : la production agricole nette est la valeur brute des produits minorée de la valeur des aliments du bétail et des semences produits dans le pays pour éviter un double comptage (production de maïs et élevage, par exemple), de sorte qu'elle correspond davantage au principe de la valeur ajoutée. Il n'existe pas de projection pour le Chili, l'Islande, Israël, la Norvège et la Suisse.

Source : OCDE (2010), *Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2010-2019*, www.agri-outlook.org

Les perspectives des prix des produits agricoles de base devraient se traduire par une croissance de la production agricole dans presque tous les pays de l'OCDE dans les dix années à venir (graphique 2.5). À partir de ces projections, deux grands groupes de pays de l'OCDE peuvent être distingués selon la pression qu'ils seront susceptibles d'exercer sur les systèmes aquatiques dans la décennie à venir :

- **Groupe 1** : pays dont la production devrait continuer à enregistrer une forte croissance dans les dix années à venir, tels que les suivants : **Canada, États-Unis, Mexique, Turquie, Australie** et **Nouvelle-Zélande**. La plupart des pays de l'OCDE appartenant à ce groupe ont largement accru leur production au cours de la décennie précédente, en augmentant leur productivité, et en intensifiant leur production sur une surface de terrain réduite. Il existe toutefois un risque, dans certaines régions de quelques-uns de ces pays, que la production s'étende à des terrains vulnérables sur le plan de l'environnement, ou des zones marginales qui n'étaient pas cultivées auparavant. La **Corée** constitue la seule exception à ce groupe : sa production, qui n'a cessé de décliner depuis la fin des années

1990 jusqu'à l'heure actuelle, devrait revenir aux niveaux antérieurs. Cette situation s'explique principalement par la croissance de la production bovine, stimulée par une hausse de la demande des consommateurs coréens, et par l'augmentation des aides gouvernementales octroyées aux éleveurs. Pour ce groupe de pays, ces prévisions de croissance pourraient avoir les conséquences suivantes sur les systèmes aquatiques (tendances variables d'un pays et d'une région à l'autre) :

- augmentation de la pression exercée sur la qualité de l'eau suite à l'usage accru d'éléments fertilisants et de pesticides, et à l'augmentation des volumes d'effluents d'élevage, bien que les niveaux absolus de pollution pour beaucoup de ces pays soient inférieurs à la moyenne de l'OCDE (excédents d'éléments fertilisants/hectare, etc.) ;
 - augmentation de l'érosion du sol, entraînant l'alluvionnement des systèmes aquatiques, suite à l'intensification des cultures sur des terrains écologiquement fragiles et/ou à l'élargissement de la production sur des zones marginales, non cultivées auparavant ;
 - essor de la production de bioénergie, notamment à base de cultures de céréales, d'oléagineux et de sucre utilisés comme matières premières pour des biocarburants, surtout aux **États-Unis**, ce qui peut entraîner une utilisation accrue d'éléments fertilisants et de pesticides (encadré 2.2) ;
 - pressions localisées sur les systèmes aquatiques, pouvant perturber ces derniers, en raison des évolutions continues de l'élevage vers des structures intensives, plus importantes et plus concentrées, notamment dans les secteurs porcins, laitiers et de la volaille, bien que dans certains cas, des élevages plus importants et concentrés disposent de niveaux élevés de gestion de l'élimination des déchets ;
 - préoccupations provoquées par l'essor des contaminants émergents (médicaments, produits vétérinaires, etc.) dû à l'augmentation de la production de bétail (encadré 2.1).
- **Groupe 2** : pays amenés à enregistrer une croissance modeste de leur production au cours de la prochaine décennie (UE27), voire un recul dans le cas du Japon. Plusieurs tendances divergentes devraient se dessiner dans l'UE27 : le secteur agricole devrait en effet poursuivre sa contraction dans de nombreux pays de l'ancienne UE15 mais continuer de progresser dans certains nouveaux États membres (Agence européenne pour l'environnement, 2010). En outre, la production, végétale comme animale, pourrait continuer de s'intensifier et de se concentrer et les superficies diminuer, de manière à ce que la productivité et la rentabilité ne cessent pas de progresser. Pour ce groupe de pays, ces prévisions de croissance pourraient avoir les conséquences suivantes sur les systèmes aquatiques (tendances variables d'un pays et d'une région à l'autre) :
- réduction globale des concentrations de polluants d'origine agricole dans l'eau, plus prononcée au Japon compte tenu de la baisse de la production agricole, bien que les niveaux absolus de pollution demeurent supérieurs à la moyenne de l'OCDE dans beaucoup de ces pays (excédents d'éléments fertilisants/hectare, etc.) ;
 - hausses localisées de la pollution de l'eau, au fil des modifications structurelles du secteur de l'élevage vers des installations plus importantes et plus concentrées.

A moyen terme, plusieurs phénomènes devraient permettre, pour tous les pays de l'OCDE, de réduire de manière générale la pression exercée par l'agriculture sur la qualité de l'eau, notamment :

- diminution de la consommation d'intrants chimiques par unité produite, partiellement due à l'augmentation des prix des engrais minéraux et des pesticides de synthèse suite à la hausse prévue des prix du pétrole brut (graphique 2.4), qui pourrait par ailleurs encourager la production d'énergie à partir de déchets d'élevage ;
- amélioration des pratiques de gestion agricole et des technologies de lutte contre la pollution, notamment les biotechnologies et l'utilisation de GPS ;
- accroissement de la pression exercée par le grand public pour réduire les coûts pour la santé et l'environnement de la pollution de l'eau par l'agriculture, susceptible d'aboutir au renforcement des politiques environnementales, surtout celles luttant contre la pollution issue de sources agricoles diffuses ;
- réformes agricoles susceptibles d'entraîner de nouvelles baisses du soutien à l'agriculture dans l'ensemble de la zone OCDE, et un soutien toujours plus découplé ;
- innovations dans l'action des pouvoirs publics et du marché vis-à-vis des problèmes de qualité de l'eau en agriculture, axées sur la modification du comportement des agriculteurs, de la filière agroalimentaire et des autres parties prenantes, et plus généralement dans les politiques nationales de qualité de l'eau (la *Stratégie nationale de gestion de la qualité de l'eau* de l'**Australie**, par exemple).

Encadré 2.2. Production de bioénergie à partir de matières premières agricoles : conséquences sur la qualité de l'eau

La production de bioénergie à partir de matières premières agricoles (céréales, oléagineux, graminées, produits ligneux) peut avoir un impact considérable sur la qualité et la disponibilité de l'eau. Les conséquences sur ces ressources ont déjà fait l'objet d'un examen par l'OCDE (2010). Dans les systèmes de production intensive, l'utilisation de produits agro-chimiques peut modifier la qualité de l'eau : ainsi, l'utilisation d'éléments fertilisants pose par exemple un risque d'eutrophisation. En outre, les usines de traitement servant à convertir les matières premières en bioénergie sont également susceptibles d'avoir un impact sur la qualité de l'eau. Celui est néanmoins fonction de plusieurs facteurs tels que les techniques de raffinage, la maîtrise des effluents et les pratiques de recyclage de l'eau (FAO, 2008 ; Fingerman et autres, 2010 ; Agence de protection de l'environnement des États-Unis, 2011).

Ainsi, aux **États-Unis**, la plupart des biocarburants sont produits à partir de maïs, dont la production est en hausse. Or cette plante nécessite généralement de généreuses applications d'engrais chimiques. Par conséquent, la pollution par des sédiments et des éléments fertilisants issus des terrains agricoles est susceptible de s'amplifier, surtout lorsque le maïs est cultivé sur des sols marginaux, qui contribuent le plus fortement à l'augmentation des teneurs en nutriments. Cette situation peut avoir d'importantes répercussions sur la qualité de l'eau, surtout pour le fleuve Mississippi et dans le nord du Golfe du Mexique (De la Torre Ugarte et autres, 2010 ; Donner et Kucharik, 2008 ; National Research Council, 2008a, et 2008b ; OCDE 2008 ; Agence de protection de l'environnement des États-Unis, 2011).

En ce qui concerne les plantations forestières servant de matières premières aux bioénergies, le débroussaillage de la végétation bordant les cours d'eau dans les systèmes de gestion des forêts peut également modifier les propriétés physiques des systèmes aquatiques : turbidité, température des cours d'eau et infiltration de lumière dans les masses d'eau. Lorsque les plantations forestières nécessitent l'apport d'éléments fertilisants, l'infiltration et l'écoulement d'azote peuvent également présenter un risque pour les eaux souterraines (Lattimore et autres, 2009).

Encadré 2.2 (suite)

La plupart des études portant sur les relations entre la production de bioénergie à partir de matières premières agricoles et la qualité de l'eau parviennent à la conclusion suivante : de manière générale, les matières premières dérivant de cultures annuelles, telles que le maïs et les oléagineux, peuvent avoir un impact plus nocif sur les systèmes aquatiques que celles issues de graminées et de produits ligneux, tels que l'alpiste roseau et les taillis à courte rotation (FAO, 2008 ; OCDE, 2008 ; Agence de protection de l'environnement des États-Unis, 2011). Autre conclusion importante : l'emplacement de la production, le type de culture, le système de rotation des cultures et toute autre pratique de gestion agricole utilisée ont également une grande influence sur la qualité de l'eau (De la Torre Ugarte et autres, 2010 ; Agence européenne pour l'environnement, 2008 ; Lankoski et Ollikainen, 2011 ; Thomas, Engel et Chaubey, 2009). Une certaine prudence s'impose toutefois, car les conséquences éventuelles sur la qualité de l'eau de la production de bioénergie à partir de matières premières agricoles n'ont pas été entièrement évaluées (National Research Council, 2008a ; OCDE, 2008).

Compte tenu du développement du secteur de la bioénergie, il faudra optimiser les avantages et limiter les répercussions dommageables sur la qualité de l'eau, de même que les autres effets sur l'environnement. Étant donné que les impacts préjudiciables connus de la production de bioénergie sur la qualité de l'eau sont dus au type de matière première végétale employée, il est possible de les atténuer moyennant l'adoption de systèmes et pratiques propices (Agence de protection de l'environnement des États-Unis, 2011).

Sources : De la Torre Ugarte, D. G., et autres (2010) ; "Expanded ethanol production: Implications for agriculture, water demand, and water quality", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 34, pp. 1 586-1 596; Donner, S.D. et C.J. Kucharik (2008), "Corn based ethanol production compromises goal of reducing nitrogen run-off by the Mississippi river", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 105, pp. 4 513-4 518; Agence européenne pour l'environnement (2008), *A review of the possible impact of biomass production from agriculture on water*, Copenhague, Danemark, disponible à l'adresse: www.eea.europa.eu; Fingerman, K.R., et autres (2010), "Accounting for the water impacts of ethanol production", *Environmental Research Letters*, 5 014020, <http://iopscience.iop.org/1748-9326/5/1/014020>; Lattimore, B., et autres (2009), "Environmental Factors in Woodfuel Production: Opportunities, Risks, and Criteria and Indicators for Sustainable Practices", *Biomass and Bioenergy*, Vol. 33, pp. 1 321-1 342; Lankoski, J. and M. Ollikainen (2011), "Biofuel policies and the environment: Do climate benefits warrant increased production from biofuel feedstocks?", *Ecological Economics*, Vol. 70, pp. 676-687; National Research Council (2008a), *Mississippi river water quality and the Clean Water Act: Progress, challenges and opportunities*, The National Academies Press, Washington, D.C., États-Unis, www.nap.edu/catalog/12051.html; et National Research Council (2008b), *Water implications of biofuels production in the United States*, The National Academies Press, Washington, D.C., États-Unis, http://books.nap.edu/catalog.php?record_id=12039; OECD (2008), *Biofuel Support Policies: An Economic Assessment*, OCDE, Paris, www.oecd.org/agr; OECD (2010), *Gestion durable des ressources en eau dans le secteur agricole*, OCDE, Paris, www.oecd.org/agr/env; OECD/AIE (2010), *Sustainable Production of Second-Generation Biofuels*, OECD/AIE, Paris, www.iea.org/papers/2010/second_generation_biofuels.pdf; Thomas, M.A., B.A. Engel and I. Chaubey (2009), "Water quality impacts of corn production to meet biofuels demands", *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 1 235, No. 11, pp. 1 123-1 135; Agence de protection de l'environnement des États-Unis (USEPA) (2011), *Biofuels and the environment: First triennial report to Congress*, External Draft Review, EPA/600/R-10/183A, Washington, D.C., États-Unis, <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=217443>.

Changement climatique

Les perspectives à moyen et long terme de l'agriculture devraient subir l'influence croissante du changement climatique et de la variabilité du climat. Les évolutions du climat ayant une incidence sur la rentabilité de l'agriculture vont à leur tour entraîner des changements dans les lieux de production agricole et d'élevage et dans les technologies et les pratiques de gestion utilisées en fonction du type d'élevage et de culture (Abler et autres, 2001). Ces réponses économiques au changement climatique pourraient avoir des conséquences indirectes en modifiant l'ampleur du ruissellement et du lessivage des polluants et de l'érosion des sols, ce qui pourrait alors augmenter ou diminuer la pollution imputable à l'agriculture (en supposant une absence d'intervention économique ou réglementaire).

Bien que leur nombre soit limité à l'heure actuelle, de récentes études ont analysé les conséquences éventuelles de l'évolution et de la variabilité du climat sur les risques de contamination de l'eau par l'agriculture. Ces études sont parvenues à la conclusion que le changement climatique pourrait³ :

- influencer les quantités de contaminants issus de l'agriculture et leurs types de ruissellement et de lessivage, l'ampleur de la hausse dépendant largement du type de contaminant, bien que les risques posés par les agents pathogènes puissent être les plus élevés ;
- encourager l'utilisation de quantités supplémentaires de pesticides et de biocides au fur et à mesure de l'intensification des pratiques agricoles, et dans certaines zones, de la hausse des températures ;
- déplacer les contaminants du sol et les matières fécales suite à des événements météorologiques extrêmes, ce qui aurait pour effet éventuel d'accroître leur biodisponibilité, comme l'illustre la potentielle aggravation, due à l'évolution du climat, des réactions chimiques dans les sols sulfatés acides (encadré 2.3) ;
- perturber les parcours des contaminants dans les systèmes agricoles, avec par exemple une salinisation accrue due à l'intrusion d'eau salée lorsque les volumes de déversement des eaux sont faibles, et de plus fortes concentrations d'éléments fertilisants, offrant un cadre propice à la prolifération des algues (encadré 2.4) ;
- réduire, par la hausse des températures et l'évolution de l'hygrométrie, la rémanence des contaminants, tandis que les modifications des caractéristiques hydrologiques pourraient faciliter le déplacement des contaminants vers les sources d'approvisionnement en eau ;
- conduire à l'appauvrissement de l'état écologique des systèmes aquatiques (déclin ou disparition d'espèces, modification de la répartition des espèces due à une forte pollution d'origine agricole, etc.) ;
- enfin, le changement climatique pourrait être pallié pour la plus grande partie par les pratiques de gestion agricole et en adaptant les politiques, par exemple, par une meilleure réglementation, une surveillance accrue et l'exécution de programmes de recherche à long terme. En outre, différentes stratégies d'atténuation des émissions agricoles de gaz à effet de serre seraient favorables aux systèmes aquatiques, telles que le reboisement et toute autre méthode permettant d'accroître le couvert végétal, et donc de constituer une protection contre les flux de sédiments et de contaminants sur les terres agricoles (Wilcock et autres, 2008).

Pour résumer, les relations entre le changement climatique et la pollution d'origine agricole sont complexes, car l'augmentation des inondations, par exemple, pourrait mettre en mouvement des charges de sédiments ainsi que des contaminants connexes, et ainsi accroître la pression exercée sur les systèmes aquatiques. D'autre part, l'intensification des sécheresses pourrait réduire le niveau de dilution des polluants, entraînant ainsi des problèmes de toxicité (Collins et McGonigle, 2008). Mais quelles que soient les conséquences, les objectifs de qualité de l'eau en agriculture devraient devenir de plus en plus difficiles à atteindre dans les années à venir, en raison de l'évolution du climat.

Ces conclusions restent indicatives, d'une part en raison des incertitudes générales des recherches actuelles sur le changement climatique, d'autre part, et surtout, parce que les relations entre l'évolution du climat, l'agriculture et la qualité de l'eau n'ont pas encore fait l'objet de recherches approfondies. Le besoin en études dans ce domaine se fait de plus en

plus pressant, notamment celles utilisant des modélisations du climat et des bassins de captage d'eau (Delpha et autres, 2009 et 2011 ; Ficklin et autres, 2010 ; Jennings et autres, 2009 ; Kronvang, Rubaek et Heckrath, 2009 ; Stuart et autres, 2011).

Encadré 2.3. Changement climatique, agriculture, sols sulfatés acides et qualité de l'eau : étude de cas en Finlande

D'un point de vue environnemental, les sols sulfatés acides (SSA) sont considérés comme les plus problématiques au monde. La Finlande possède les plus grandes superficies de SSA en Europe (2 000 à 4 000 km²). Traitées par assèchement, brûlage de tourbe et chaulage, elles comptent parmi les terres agricoles les plus productives du pays.

Conséquence de ces pratiques agricoles, le niveau des eaux souterraines baisse considérablement pendant les sécheresses, entraînant la pénétration de l'oxygène dans le sol. Les sulfures s'oxydent alors et produisent de l'acide sulfurique, ce qui rend la terre extrêmement acide (pH 2.5 à 4) et entraîne ensuite le déplacement d'énormes quantités de métaux (cadmium, zinc, etc.) stockés dans le sol. Avec les acides, ces derniers s'écoulent des sols vers des estuaires pendant les périodes pluvieuses. D'après les estimations, la quantité de métaux rejetés par les SSA serait considérablement supérieure à la totalité des métaux rejetés par l'industrie finlandaise.

L'importante réserve de métaux toxiques, extrêmement mobile, présente dans les SSA n'est entièrement connue que depuis peu. La composition chimique et la qualité des eaux de drainage de ces sols sont similaires à celles associées aux minerais riches en soufre, qui entraînent des problèmes d'acidité identiques en Europe et dans le reste du monde. En Finlande, le lessivage d'acides et de métaux lourds à partir de SSA constitue la principale cause du mauvais état écologique et chimique des masses d'eau de surface. Ce phénomène touche plus de 30 estuaires et fleuves côtiers. L'effet le plus visible est l'appauvrissement ou la disparition des stocks de poissons dans de nombreux cours d'eau et estuaires. Les conséquences des ruissellements acides dépendent de la quantité et de la qualité des SSA, des caractéristiques des bassins de captage d'eau, et de la proximité des sols acides par rapport à ces bassins.

Si aucune mesure précise de lutte contre ce phénomène n'est élaborée, il est probable que le changement climatique contribue à aggraver les dégâts infligés à l'environnement. Les concentrations des composés toxiques atteignent principalement leur point culminant après de longues périodes de sécheresse, suivies de fortes précipitations. En raison du changement climatique, ces conditions extrêmes devraient être de plus en plus fréquentes dans les bassins hydrographiques comprenant de petits lacs, avec des rejets fluctuant rapidement. Il est donc probable que les écosystèmes aquatiques et les populations de poissons soient davantage exposés aux substances métalliques toxiques. Les actions suivantes sont nécessaires pour adapter l'utilisation des SSA et les mesures de lutte contre la pollution de l'eau au changement climatique :

- mieux connaître l'emplacement, la qualité et la quantité des SSA ;
- développer des outils de cartographie et d'identification des zones potentiellement sensibles efficaces par rapport à leur coût ;
- recueillir des données sur les niveaux de concentration et le degré de dégradation de l'environnement dans les masses d'eau touchées par les SSA ;
- élaborer des scénarios de risques posés par le changement climatique, et identifier les futures zones sensibles ;
- évaluer l'efficacité et les limites des mesures actuelles de lutte contre la pollution, dans un climat en évolution ;
- concevoir et mettre en évidence des techniques de lutte contre la pollution adaptées aux évolutions du climat ;
- évaluer les impacts socioéconomiques et la faisabilité des outils d'adaptation.

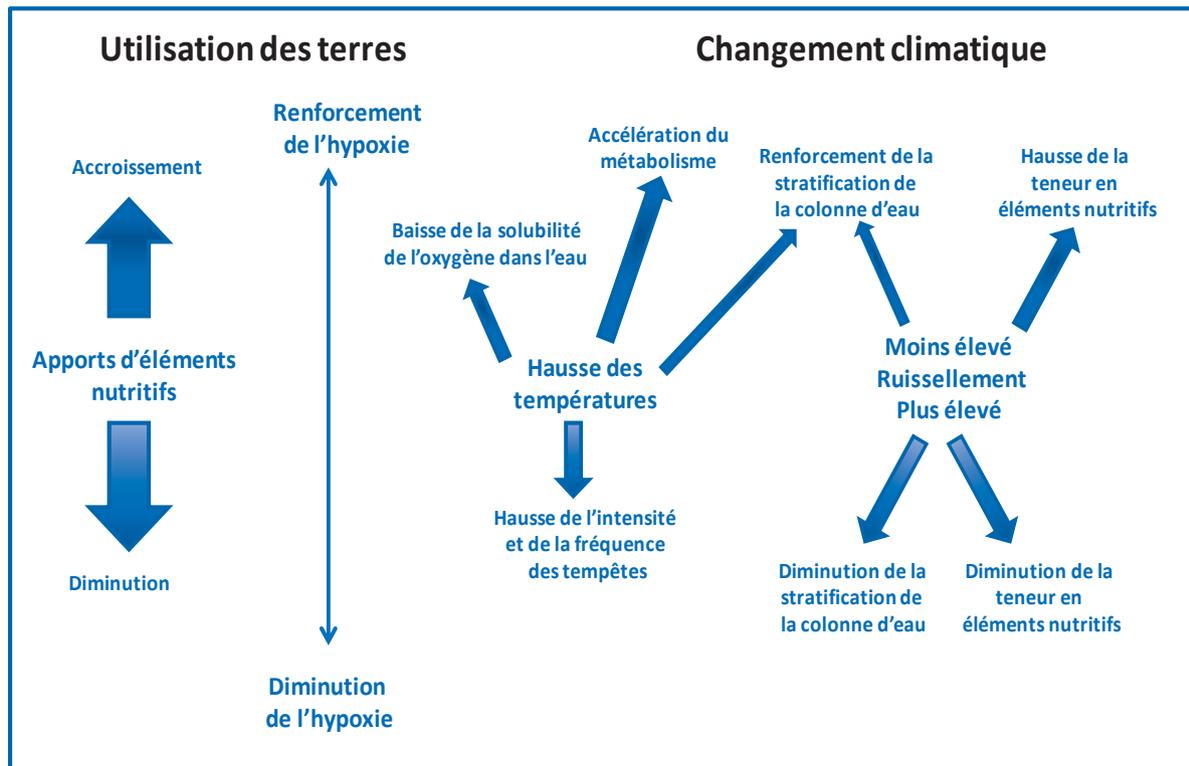
Source : d'après les documents fournis au Secrétariat de l'OCDE par la délégation de la Finlande auprès de l'OCDE.

Encadré 2.4. Changement climatique, eutrophisation du milieu marin et agriculture

De récentes études ont démontré qu'après des années d'eutrophisation, il ne suffisait pas de réduire les concentrations en éléments fertilisants pour résoudre les problèmes de qualité de l'eau, surtout ceux associés à l'hypoxie. Si, dans les 50 prochaines années, l'homme continue à modifier et à dégrader les systèmes côtiers comme il le fait depuis des années, il est probable que les pressions exercées par l'humanité resteront la principale cause de la rémanence et de l'étalement des zones mortes en milieu côtier. L'essor des cultures utilisées pour produire des aliments et des biocarburants aura pour conséquences d'accroître les concentrations d'éléments fertilisants et d'étendre les effets de l'eutrophisation.

Le changement climatique peut rendre les systèmes plus vulnérables à l'hypoxie, par ses conséquences directes sur la stratification, la solubilité de l'oxygène, les métabolismes, et les taux de minéralisation (voir graphique ci-dessous). Principal déclencheur, le réchauffement climatique devrait entraîner la hausse de la température de l'eau, diminuer la solubilité de l'oxygène, accélérer le métabolisme des organismes, et enfin, accroître les taux de reminéralisation et la stratification.

Contribution relative du changement climatique mondial et de l'utilisation des terres à l'hypoxie



Note au graphique : l'épaisseur des flèches est proportionnelle à l'ampleur de la conséquence.

Source : Secrétariat de l'OCDE, d'après Díaz, J, N.N. Rabalais, D.L. Breitburg (2012), *Agriculture's Impact on Aquaculture: Hypoxia and Eutrophication in Marine Waters*, Rapport de Consultant de l'OCDE disponible à l'adresse : www.oecd.org/agriculture/eau.

2.5. Problèmes liés au suivi de la qualité de l'eau dans l'agriculture et importants pour les décideurs

Les efforts de suivi sont déterminants pour informer les décideurs et autres parties prenantes sur l'état, l'évolution et les perspectives de la qualité de l'eau en agriculture. Plusieurs questions concernant le suivi doivent être soulevées dans le cadre du processus d'élaboration de l'action publique axée sur la pollution de l'eau par l'agriculture, notamment celles des normes, des objectifs chiffrés et des buts généraux, et dans le cadre du développement des systèmes de suivi de la qualité de l'eau.

Normes et objectifs de suivi des progrès

Tous les pays de l'OCDE disposent de normes générales sur la qualité chimique de l'eau potable, couvrant les éléments fertilisants et les pesticides, et presque tous possèdent également des normes, généralement moins exigeantes, sur la qualité écologique de l'eau. Ainsi, dans la majorité des pays membres, la quantité de nitrates présents dans l'eau potable ne doit pas excéder 50 mg par litre. Généralement, le secteur agricole n'est pas concerné directement par le respect de ces normes de qualité, qui relève du devoir des distributeurs d'eau publics ou privés. Les sources à partir desquelles ces derniers s'approvisionnent (cours d'eau, lacs, réservoirs et nappes souterraines) nécessitent souvent d'être traitées afin d'éliminer les éléments fertilisants, pesticides et autres contaminants et de respecter ainsi les normes de qualité sur l'eau potable, ce qui entraîne des coûts considérables (chapitre 3).

Lorsque les ménages d'agriculteurs ne disposent pas d'un accès au réseau d'eau courante, ces derniers prélèvent l'eau à partir de puits situés sur l'exploitation. Or cette eau n'est pas forcément conforme aux normes de qualité de l'eau courante. Aux **États-Unis**, par exemple, les puits appartenant à des particuliers ne sont réglementés ni par la loi fédérale sur l'eau potable (Federal Safe Drinking Water), ni, dans la plupart des cas, par les lois des états. Environ 15 % de la population américaine dépend de ces puits. Ceux qui se trouvent sur des exploitations agricoles ou à proximité ont toutes les chances de présenter des concentrations très élevées de nitrates, par exemple (Dubrovsky et autres, 2010).

Peu de pays disposent de normes ou d'objectifs complets, spécifiques à l'agriculture. La **Suède**, par exemple, s'est fixé des objectifs de qualité des eaux de surface, souterraines et marines spécifiques à l'agriculture (OCDE, 2008a). Dans le cadre de la *directive sur les nitrates* (partie intégrante de la *directive-cadre sur l'eau* de l'Union européenne), l'UE exige que ses États membres classent en tant que zones vulnérables aux nitrates tout terrain dans lequel les eaux de surface ou souterraines affichent une quantité de nitrates supérieure à 50 mg par litre, ou dans lequel les masses d'eau douce, eaux estuariennes, côtières et marines s'avèrent eutrophiques, ou risquent de le devenir. Les États membres sont tenus de définir et d'appliquer des mesures obligatoires pour les agriculteurs situés dans ces zones (chapitre 5.1) (OCDE, 2008a).

Les normes nationales sur la qualité générale de l'eau ont cependant des implications sur les stratégies de lutte contre la pollution pouvant être suivies par l'agriculture afin de respecter les normes. La réglementation sur la charge quotidienne maximale totale (TMDL pour Total Maximum Daily Load) dans le cadre du *Clean Water Act*, et les normes de qualité prévues par la *directive-cadre sur l'eau* de l'UE en sont des exemples.

La TMDL est la principale initiative de l'Agence de protection de l'environnement des **États-Unis** pour pallier les problèmes de qualité de l'eau rencontrés dans le pays. Dans le

cadre de la TMDL fédérale, les États sont tenus de répertorier les masses d'eau ne remplissant pas leur usage premier. Ces dernières sont ensuite classées « eaux dégradées » (Helmers et autres, 2007). Pour chaque masse d'eau répertoriée, les États doivent identifier le volume de réduction des charges de pollution diffuse et ponctuelle nécessaire pour respecter les normes en vigueur, puis élaborer et mettre en œuvre des programmes afin d'atteindre ces objectifs (Borisova et autres, 2003).

Il y a peu de temps encore, les autorités (fédérales ou des États) ne disposaient d'aucune instance réglementaire permettant d'appliquer les objectifs de réduction dictés par la TMDL. Cette réglementation aura désormais un caractère obligatoire dans les six États et le District de Columbia jouxtant la baie de Chesapeake (chapitre 5.2) (Perez, Cox et Cook, 2009). Dans le cadre de la TMDL, la modélisation et la surveillance peuvent jouer un rôle important dans la répartition des charges de polluants entre différentes sources, en aidant par exemple à définir les contributions relatives des cultures arables, de l'élevage intensif et des sources urbaines dans les teneurs en éléments fertilisants et agents pathogènes observées dans les grands bassins de captage d'eau (Helmers et autres, 2007).

Dans le cadre de la *directive-cadre sur l'eau* (DCE) de l'**Union européenne**, les États membres sont tenus d'évaluer régulièrement l'état écologique actuel des eaux intérieures et côtières, défini en fonction de l'écart par rapport à un état non dégradé (de référence), ainsi que l'état chimique des masses d'eau. Le classement qui en résulte pour chaque masse d'eau est communiqué à la Commission européenne (Johnes, 2007). L'état écologique, qui va de bon à mauvais, est déterminé par une panoplie de paramètres de qualité biologique (flore aquatique, faune invertébrée benthique et faune ichtyologique) et de qualité physicochimique (oxygenation, éléments nutritifs, salinité et polluants spécifiques). Le bon état chimique équivaut au respect des normes de qualité environnementale définies dans la directive 2008/105/CE. Ce texte établit une liste de 33 substances prioritaires et d'autres polluants (pesticides et métaux lourds, par exemple). Pour qu'une masse d'eau de surface soit déclarée en bon état, il faut qu'elle satisfasse aux critères à la fois écologiques et chimiques. L'objectif global de bon état correspond à une situation dans laquelle les eaux de surface conviennent pour tous les usages et fonctions de l'eau et où les écosystèmes aquatiques sont sains.

D'après les échéances fixées, les États membres de l'**Union européenne** doivent classer tous leurs bassins hydrographiques en fonction de leur état chimique et écologique, puis spécifier un Plan de gestion des bassins hydrographiques avant 2009, détaillant les mesures à suivre pour lutter contre la pollution diffuse, mesures devant être opérationnelles à l'horizon 2012 (chapitre 5.1). À l'instar de la TMDL au États-Unis, l'application de la DCE implique l'utilisation croissante de méthodes de modélisation par les États membres, afin de décrire les conditions environnementales actuelles et de prévoir, à l'intention des décideurs, l'impact potentiel des différentes stratégies de lutte contre la pollution (Collins et Anthony, 2008).

Développement de la surveillance de la qualité de l'eau et modélisation des bassins de captage

Tous les pays de l'OCDE disposent de réseaux de surveillance permettant de mesurer l'état réel de la pollution des masses d'eau, et quelques-uns utilisent des indicateurs de risque qui fournissent des estimations, généralement fondées sur des modèles de niveaux de contamination (voir ci-dessus les exemples dans l'**Union européenne** et aux **États-Unis**). La pollution des masses d'eau par l'agriculture fait l'objet d'un suivi plus limité. À peine plus d'un tiers des pays membres de l'OCDE surveillent la pollution par

les éléments fertilisants, et un nombre encore plus faible de pays suit la pollution par les pesticides. De plus, si certains polluants agricoles (notamment les éléments fertilisants et les pesticides) font l'objet de relevés assez détaillés et fréquents, il n'existe pas de tableau précis de la situation générale dans l'ensemble de la zone OCDE pour ce qui est de la pollution des eaux par des agents pathogènes, des sels et d'autres polluants agricoles. Par ailleurs, les niveaux de pollution peuvent varier énormément selon les régions et les pays, principalement en fonction des types de sols et de cultures, des conditions agroécologiques, du climat, des pratiques de gestion agricole et des grandes orientations adoptées dans ce domaine (OCDE, 2008a).

Les difficultés rencontrées lorsqu'il s'agit de cerner les tendances de la pollution agricole de l'eau ont trait à la détermination de la part de l'agriculture dans la contamination totale et au repérage des zones vulnérables à ce type de pollution. En outre, les différences entre les méthodes de collecte de données et les normes nationales pour les eaux environnementales et les eaux de boisson empêchent de réaliser des analyses comparatives, sans compter que la pollution de l'eau d'origine agricole est peu contrôlée à l'échelle nationale, surtout s'agissant des pesticides, dans un certain nombre de pays (**Australie, Italie, Japon et Nouvelle-Zélande**), bien que dans certains de ces pays, un suivi soit mené au niveau infra-national. L'ampleur de la pollution agricole des eaux souterraines est généralement moins bien étudiée que celle des eaux de surface, essentiellement en raison du coût de prélèvement des eaux souterraines, et parce qu'il faut à la plupart des polluants plus de temps pour traverser les différentes couches du sol avant d'atteindre les aquifères (OCDE, 2008a).

Si le suivi de la qualité de l'eau est principalement financé par les pouvoirs publics, un nombre croissant d'initiatives du secteur privé cherchent à améliorer la régularité et la précision des données concernant la qualité de l'eau, notamment en relation avec l'agriculture. En Californie, aux États-Unis, les agriculteurs du District de la Côte centrale envisagent de procéder de manière provisoire à une surveillance intensive de la qualité de l'eau par des organismes privés, pendant que des technologies de suivi continu des pollutions agricoles diffuses sont en cours d'élaboration (Dowd, Press et Los Huertos, 2008).

À l'échelle mondiale, le World Resources Institute (WRI), en partenariat avec General Electric et Goldman Sachs aux **États-Unis**, a lancé un projet d'évaluation des risques liés à l'eau encourus par les entreprises et leurs investisseurs (www.wri.org/stories/2010/01/betting-water). Un indice de l'eau sera créé dans le cadre de cette initiative, afin d'offrir une approche standard d'identification et d'atténuation des risques commerciaux liés à l'eau. Cet indice tiendra compte d'une vingtaine de facteurs pondérés sur la disponibilité de l'eau, sa qualité, et les réglementations en vigueur (Stanton et autres, 2010). Il permettra également aux entreprises et aux investisseurs d'appréhender les différents composants des risques liés à l'eau, et permettra aux dirigeants de sociétés de prendre des décisions d'investissement plus éclairées. Cet indice s'appuiera sur les données publiquement disponibles concernant la rareté et la qualité de l'eau, et couvrira d'importants facteurs, tels que le cadre réglementaire ainsi que des questions sociales et d'image, qui n'étaient jusque-là pas pris en compte dans l'évaluation des risques liés à l'eau.

De la même manière, une société ayant son siège au **Royaume-Uni**, Maplecroft, commercialise un indice de la sécurité de l'eau qui permet d'identifier les risques encourus tout au long des chaînes d'approvisionnement, de l'exploitation et des investissements des entreprises (se référer au site Internet de l'entreprise, www.maplecroft.com/). Cet indice

évalue quatre domaines : accès amélioré à l'eau potable et à l'assainissement ; disponibilité d'eau renouvelable et dépendance par rapport à des sources d'approvisionnement extérieures ; relation existant entre ressources disponibles et demande ; et niveau de dépendance de l'économie de chaque pays par rapport à l'eau.

Bien que le suivi concret de la qualité de l'eau soit un outil fondamental pour les décideurs, plusieurs autres modèles s'avèrent tout aussi utiles, en associant les variables stratégiques et économiques aux paramètres biophysiques et à la qualité écologique de l'eau (Collins et McGonigle, 2008)⁴. L'un des principaux objectifs de ce type de modélisation consiste à montrer l'efficacité économique et environnementale relative de différents moyens d'action ou panoplies de mesures relatives à la pollution diffuse (Collins et McGonigle, 2008 ; OCDE, 2010g et 2010h). À ce jour, de nombreuses études de modélisation ont simulé l'impact de stratégies d'atténuation sur les pertes annuelles de polluants, par opposition aux pressions exercées pendant certaines périodes écologiques saisonnières (Collins et McGonigle, 2008). Pour perfectionner ces modèles et pouvoir définir des politiques mieux ciblées, il est toutefois nécessaire de déterminer avec précision les fenêtres écologiques favorables (saison de reproduction du saumon, etc.) plutôt que de réfléchir en termes de charges annuelles et de réduction de ces charges (Collins et McGonigle, 2008).

Notes

1. D'après les informations fournies par les autorités chiliennes au Secrétariat de l'OCDE en 2010, les pouvoirs publics collaborent actuellement avec les irrigants et les instances responsables du bassin afin de résoudre ce problème.
2. Ces résumés sont tirés pour l'essentiel de sources nationales et de Moxey, 2012.
3. Ces conclusions se fondent sur une analyse de quelques publications, incluant des études de cas au Danemark (Jeppesen et autres, 2009) ; aux États-Unis (Ficklin et autres, 2010) ; en Irlande (Jennings et autres., 2009) ; en Nouvelle-Zélande (Wilcock et autres, 2008) ; aux Pays-Bas (ministères néerlandais du Transport, des Travaux publics et de la Gestion de l'eau ; du Logement, de l'Aménagement de l'espace et de l'Environnement ; et de l'Agriculture, de la Nature et de la Qualité de l'alimentation, 2009) ; au Royaume-Uni (Boxall et autres, 2009) ; et dans le monde entier (Meybeck, 2003).
4. Pour obtenir une analyse des études de modélisation sur l'agriculture, la qualité de l'eau, les choix des pouvoirs publics et les panoplies d'instruments, veuillez vous référer entre autres aux rapports de l'OCDE 2010e et 2010f et aux publications citées dans Collins et McGonigle, 2008.

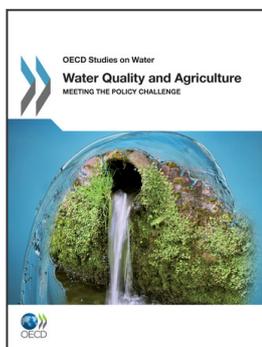
Bibliographie

- Abler, D., J. Shortle, J. Carmichael et R. Horan (2001), *Climate change, agriculture and water quality in the Chesapeake Bay region*, paper prepared for a presentation at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Chicago, août 2001, ageconsearch.umn.edu/handle/20504.
- Agence européenne pour l'environnement (2005), *Source apportionment of nitrogen and phosphorus inputs into the aquatic environment*, Copenhague, Danemark, www.eea.europa.eu.
- Agence européenne pour l'environnement (2010), *The European environment state and outlook 2010: Freshwater quality*, Copenhague, Danemark, www.eea.europa.eu.
- Ballantine, D. et R.J. Davies-Colley (2009), *Water quality trends at national river water quality network sites for 1989-2007*, rapport préparé pour le ministère néo-zélandais de l'Environnement, National Institute of Water and Atmospheric Research Ltd., Hamilton, Nouvelle-Zélande, www.mfe.govt.nz/environmental-reporting/freshwater/.
- Borisova, T., J.S. Shortle, R.D. Horan et D.G. Abler (2003), "The value of ecological and economic information in water quality management", paper presented at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Montreal, Canada, 27-30 juillet.
- Boxall, A.B.A. et autres (2009), "Impacts of climate change on indirect human exposure to pathogens and chemicals from agriculture", *Environmental Health Perspectives*, vol. 117, n° 4, pp. 508-514.
- Daughney, C. et M. Randall (2009), *National groundwater quality indicators update: State and trends 1995-2008*, GNS Consultancy Report 2009/145, rapport préparé pour le ministère néo-zélandais de l'Environnement, Wellington, Nouvelle-Zélande, www.mfe.govt.nz/environmental-reporting/freshwater/.
- Collins, A.L. et S.G. Anthony (2008), "Assessing the likelihood of catchments across England and Wales meeting 'good ecological status' due to sediment contributions from agricultural sources", *Environmental Science and Policy*, vol. 11, pp. 163-170.
- Collins, A.L. et D.F. McGonigle (2008), "Monitoring and modelling diffuse pollution from agriculture for policy support: UK and European experience", *Environmental Science and Policy*, vol. 11, pp. 97-101.
- Commission européenne (2010), *Report from the Commission to the Council and the European Parliament on implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources based on Member State reports for the period 2004-2007*, COM(2010)47 Final, Bruxelles, Belgique.
- Delpha, I., E. Baures, A.-V. Jung et O. Thomas (2011), "Impacts of rainfall events on runoff water quality in an agricultural environment in temperate areas", *Science of the Total Environment*, vol. 409, pp. 1683-1688.

- Delpha, I., A.-V. Jung, E. Baures, M. Clement et O. Thomas (2009), “Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production”, *Environment International*, vol. 35, pp. 1225-1233.
- Devine, J., M. Dorfman et K.S. Rosselot (2008), *Missing protection: Polluting the Mississippi river basin's small streams and wetlands*, Natural Resources Defense Council, Note de réflexion, New York, États-Unis, www.nrdc.org/water/pollution/msriver/msriver.pdf.
- Díaz, J., N.N. Rabalais et D.L. Breitburg (2012), *Agriculture's Impact on Aquaculture: Hypoxia and Eutrophication in Marine Waters*, Rapport de Consultant de l'OCDE, disponible à l'adresse suivante : www.oecd.org/agriculture/water.
- Dowd, B.M., D. Press et M. Los Huertos (2008), “Agricultural nonpoint source water pollution policy: The case of California's Central Coast”, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 128, pp. 151-161.
- Dubrovsky, N.M. et autres (2010), *The quality of our Nation's waters – Nutrients in the Nation's streams and groundwater, 1992-2004*, U.S. Geological Survey Circular 1350, U.S. Geological Service, Reston, Virginie, États-Unis.
- Eilers, W., R. MacKay, L. Graham et A. Lefebvre (dir. pub.) (2010), *Environmental sustainability of Canadian agriculture*, Agri-environmental indicator report series, Report #3, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Canada, www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1288198675224&lang=eng.
- Farzin, H. et K. Grogan (2008), “California water quality: The role of agriculture”, *Agricultural and Resource Economics Update*, vol. 11, n° 6, pp. 8-11.
- Ficklin, D.L., Y. Luo, E. Luedeling, S.E. Gatzke et M. Zhang (2010), “Sensitivity of agricultural runoff loads to rising levels of CO₂ and climate change in the San Joaquin valley watershed of California”, *Environmental Pollution*, vol. 158, n° 1, pp. 223-234.
- Galloway, J.N. et autres (2008), “Transformation of the nitrogen cycle: Recent trends, questions, and potential solutions”, *Science*, vol. 320, pp. 889-892.
- van Grinsven, H.J.M., A. Rabl et T.M. de Kok (2010), “Estimation of incidence and social cost of colon cancer due to nitrate in drinking water in the EU: A tentative cost-benefit assessment”, *Environmental Health*, vol. 9, Article n°58, www.ehjournal.net/content/9/1/58.
- HELCOM (Helsinki Commission) (2009a), *Eutrophication in the Baltic Sea: An integrated thematic assessment of the effects of nutrient enrichment in the Baltic Sea Region – Executive Summary*, Baltic Sea Environment Proceedings n° 115A, HELCOM, Helsinki, Finlande.
- Helmert, M.J. et autres (2007), “Theme overview: Agriculture and water quality in the Cornbelt: Overview of issues and approaches”, *Choices*, vol. 22, n° 2, pp. 79-86.
- Ileva, N.Y., H. Shibata, F. Satoh, K. Sasa et H. Ueda (2009), “Relationship between the riverine nitrate-nitrogen concentration and the land use in the Teshio River watershed, North Japan”, *Sustainability Science*, vol. 4, pp. 189-198.
- Jennings, E., N. Allott, D.C. Pierson, E.M. Schneiderman, D. Lenihan, P. Samuelsson et D. Taylor (2009), “Impacts of climate change on phosphorus loading from a grassland catchment: Implications for future management”, *Water Research*, vol. 43, pp. 4316-4326.
- Jeppesen, E. et autres (2009), “Climate change effects on runoff, catchment phosphorus loading and lake ecological state and potential adaptations”, *Journal of Environmental Quality*, vol. 38, pp. 1930-1941.
- Johnes, P. (2007), “Meeting ecological restoration targets in European waters: A challenge for animal agriculture”, Chapter 11 in D. Swain, E. Charmley, J. Steel and S. Coffey (dir. pub.), *Redesigning Animal Agriculture*, CAB International, Royaume-Uni.

- Kanakoudis, V. et S. Tsitsifli (2010), “On-going evaluation of the WFD 2000/60/EC implementation process in the European Union, seven years after its launch: are we behind schedule?”, *Water Policy*, vol. 12, pp. 70-91.
- Kronvang, B., G.H. Rubaek et G. Heckrath (2009), “International phosphorus workshop: Diffuse phosphorus loss to surface water bodies – risk assessment, mitigation options, and ecological effects in river basins”, *Journal of Environmental Quality*, vol. 38, pp. 1924-1929.
- Land and Water Forum (2010), *Report of the Land and Water Forum: A Fresh Start for Freshwater*, Wellington, Nouvelle-Zélande, www.landandwater.org.nz.
- Malmaeus, J.M. et O.M. Karlsson (2010), “Estimating costs and potentials of different methods to reduce the Swedish phosphorus load from agriculture to surface water”, *Science of the Total Environment*, vol. 408, pp. 473-479.
- Meybeck, M. (2003), “Global analysis of river systems: from earth system controls to anthropocene syndromes”, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B vol. 358, pp. 1935-1955.
- Moxey, A. (2012), *The Monetary Costs and Benefits of Agriculture on Water Quality: Estimates across OECD Countries*, Rapport de Consultant de l'OCDE, disponible à l'adresse : www.oecd.org/agriculture/water.
- OCDE (2008a), *La performance environnementale de l'agriculture dans les pays de l'OCDE depuis 1990*, OCDE, Paris, www.oecd.org/tad/env/indicators.
- OCDE (2010c), *OECD Review of Agricultural Policies: Israel*, OCDE, Paris, www.oecd.org/agr.
- OCDE (2010d), *Examen des politiques agricoles de l'OCDE : Japon*, OCDE, Paris, www.oecd.org/env.
- OCDE (2010e), *Lignes directrices pour des mesures agroenvironnementales efficaces*, OCDE, Paris, www.oecd.org/agr/env.
- OCDE (2010f), *Les liens entre les politiques agricoles et leurs effets sur l'environnement – Le modèle simplifié d'impact des politiques agroenvironnementales*, OCDE, Paris, www.oecd.org/agriculture/environnement.
- OCDE (2010g), *La gestion durable des ressources en eau en agriculture*, OCDE, Paris, www.oecd.org/agr/env.
- OCDE (2010h), *La fiscalité, l'innovation et l'environnement*, OCDE, Paris.
- OCDE (2011d), *Examens environnementaux de l'OCDE : Norvège*, OCDE, Paris, www.oecd.org/env.
- OCDE (2011e), *Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2011-2020*, OCDE, Paris, www.agri-outlook.org.
- Perez, M.R., C. Cox et K. Cook (2009), *Facing facts in the Chesapeake Bay*, Environmental Working Group, Washington, D.C., États-Unis.
- Pizarro, J., P. Vergara, A. Rodríguez, P. Sanhueza and S. Castro (2010), “Nutrients dynamics in the main river basins of the centre-southern region of Chile”, *Journal of Hazard Materials*, vol. 175, pp. 608-13.
- Rabotyagov, S., T. Campbell, M. Jha, P.W. Gassman, J. Arnold, L. Kurkalova, S. Secchi, H. Feng et C.L. Kling (2010), “Least-cost control of agricultural nutrient contributions to the Gulf of Mexico hypoxic zone”, *Ecological Applications*, vol. 20, No. 6, pp. 1542-1555.
- Rolfe, J. et J. Windle (2011), “Using auction mechanisms to reveal costs for water quality improvements in Great Barrier Reef catchments in Australia”, *Agricultural Water Management*, vol. 98, pp. 493-501.

- Stanton, T., M. Echavarria, K. Hamilton et C. Ott (2010), *State of watershed payments: An emerging marketplace*, Forest Trends, Washington, D.C., États-Unis.
- Stuart, M.E., D.C. Gooddy, J.P. Bloomfield et A.T. Williams (2011), “A review of the impact of climate change on future nitrate concentrations in groundwater of the UK”, *Science of the Total Environment*, vol. 409, pp. 2859-2873.
- Sutton, M.A. et autres (dir. publ.) (2011), *The European nitrogen assessment: Sources, effects and policy perspectives*, Cambridge University Press, Royaume-Uni.
- The Netherlands Ministries of: Transport, Public Works and Water Management; Housing, Spatial Planning and the Environment; and Agriculture, Nature and Food Quality (2009), *River basin management plans: 2009-2015 Ems, Meuse, Rhine Delta and Scheldt – A summary*, www.kaderrichtlijnwater.nl.
- USGS (U.S. Geological Survey) (2010), *Quality of water from public-supply wells in the United States, 1993-2007: Overview of major findings*, US Geological Survey, Circular 1346, Washington, D.C., États-Unis, pubs.usgs.gov/sir/2010/5024/.
- Verburg, P., K. Hamill, M. Unwin et J. Abell (2010), *Lake water quality in New Zealand 2010: Status and trends*, rapport préparé pour le ministère néo-zélandais de l'Environnement, National Institute of Water and Atmospheric Research Ltd., Hamilton, Nouvelle-Zélande, www.mfe.govt.nz/environmental-reporting/freshwater/.
- West, B.M., P. Liggitt, D.L. Clemans et S.N. Francoeur (2011), “Antibiotic resistance, gene transfer, and water quality patterns observed in waterways near CAFP farms and wastewater treatment facilities”, *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 217, pp. 473-489.
- White House (2011), *Clean Water: Foundation of healthy communities and a healthy environment*, Office of the U.S. President, White House, Washington, D.C., United States, www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ceq/clean_water_framework.pdf.
- Wilcock, R. et autres (2008), “Climate change mitigation for agriculture: water quality benefits and costs”, *Water, Science and Technology*, vol. 58, pp. 2093-2099.
- Wittmer, I.K., R. Scheidegger, H.-P. Bader, H. Singer et C. Stamm (2011), “Loss rates of urban biocides can exceed those of agricultural pesticides”, *Science of the Total Environment*, vol. 409, pp. 920-932.



Extrait de :
Water Quality and Agriculture
Meeting the Policy Challenge

Accéder à cette publication :
<https://doi.org/10.1787/9789264168060-en>

Merci de citer ce chapitre comme suit :

OCDE (2012), « Agriculture et qualité de l'eau : sources, tendances, perspectives et suivi », dans *Water Quality and Agriculture : Meeting the Policy Challenge*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264121119-5-fr>

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les arguments exprimés ici ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays membres de l'OCDE.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à rights@oecd.org. Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) info@copyright.com ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com.