

L'eau virtuelle, quel éclairage pour la gestion et la répartition de l'eau en situation de pénurie ?

Auteurs :

1) Sara Fernandez

Doctorante.

UMR G-EAU "Gestion de l'Eau, Acteurs et Usages", AgroParisTech, ENGREF - Centre de Montpellier,

Adresse : 648, rue Jean-François Breton - BP 7353, 34086 Montpellier Cedex 4 - France.

Tel: + 33 4 67 04 71 28 - Fax: + 33 4 67 04 71 01.

Courriel : sara.fernandez@engref.agroparistech.fr

2) Gaëlle Thivet

Chargée de mission Eau.

PLAN BLEU - Centre d'Activités Régionales

Adresse : 15 rue Beethoven - Sophia-Antipolis - F-06560 Valbonne – France.

Tel : + 33 4 92 38 71 37 - Fax : + 33 4 92 38 71 31.

Courriel : gthivet@planbleu.org

1 Contexte de développement du concept de l'eau virtuelle

La question de la représentation des relations entre les ressources en eau et l'alimentation a fait l'objet de nombreux travaux qui se sont particulièrement développés autour de la question de la rareté des ressources en eau et de leurs répartitions entre usages (Treyer 2006). Ces controverses renvoient à des visions différentes des politiques hydro-agricoles, de leurs rationalités et de leur contenu.

La forte association établie entre les équilibres offre-demande en eau d'une part et offre-demande alimentaire d'autre part s'explique, en partie, par l'importance quantitative de l'agriculture dans les prélèvements et les consommations d'eau anthropiques. Depuis les années 60, les politiques agricoles ont mobilisé des moyens humains et financiers considérables pour promouvoir l'augmentation de la production agricole par l'extension des surfaces mais surtout par l'intensification via la modernisation de l'agriculture. Elles ont été appuyées à l'échelle internationale par des organismes de recherche tels que le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI) qui ont impulsé la révolution verte. A l'échelle méditerranéenne, cette intensification s'est traduite par une forte augmentation de la surface irriguée et l'agriculture est le secteur d'activité qui prélève et consomme le plus d'eau (63% des utilisations anthropiques en eau selon le Plan Bleu, les utilisations anthropiques correspondant à la somme des prélèvements sur les ressources en eau, y compris les pertes lors de la mobilisation, du transport et de l'application de l'eau, et des productions d'eau non-conventionnelles). Cependant, à l'échelle mondiale, selon les régions, la production par actif agricole et la disponibilité en céréales par habitant ont évolué différemment. En effet, la croissance démographique a pu être largement supérieure aux gains de productivité et la mobilisation croissante des ressources pour l'irrigation ne s'est pas traduite partout par des gains effectifs de productivité.

L'irrigation a aussi pu générer des dommages environnementaux et sociaux, parfois graves et irréversibles. Ainsi, les prélèvements excessifs d'eau ont entraîné l'intrusion d'eaux saumâtres dans les aquifères côtiers, comme c'est le cas dans la région de Gabes en Tunisie, et l'altération des écosystèmes aquatiques dans les zones irriguées, comme dans la vallée du Draâ au Maroc. La mauvaise gestion de l'irrigation a aussi entraîné la salinisation des terres : en Egypte, aujourd'hui, elle touche entre 30 et 40 % des terres irriguées (Cheverry, Robert 1998). Les coûts sociaux ont été parfois considérables : déplacement de populations, déstructuration d'activités productives préexistantes aux projets qui contribuaient de façon significative à la sécurité alimentaire des foyers, problèmes sanitaires.

A partir de la fin des années 80, des travaux ont cherché à quantifier la pression exercée par les usages anthropiques sur les ressources en eau d'un pays. C'est le cas des indicateurs tels que celui de la vulnérabilité des ressources en eau de I. Shiklomanov (Shiklomanov 1991) qui mesure les prélèvements totaux annuels en pourcentage de l'offre en ressources en eau renouvelables annuelles et qui le compare à des seuils. Selon cet indice, un pays fait face à une situation de pénurie d'eau si ses prélèvements représentent entre 20 et 40 % des ressources en eau renouvelables, s'ils sont supérieurs à 40 %, alors la situation est dite critique. Un indicateur très similaire, l'indice d'exploitation des ressources en eau naturelles renouvelables, constitue l'un des indicateurs prioritaires pour le suivi de la Stratégie Méditerranéenne pour le Développement Durable, stratégie "cadre" adoptée par l'ensemble des pays riverains de la Méditerranée en novembre 2005. Ces deux indicateurs, généralement développés à une échelle nationale, matérialisent les marges de manœuvre possibles en cas de variabilité de l'offre ou des prélèvements. Aujourd'hui, selon l'indicateur de Shiklomanov, un grand nombre de pays du Sud de la Méditerranée se trouve au-dessus du seuil critique, avec des prélèvements qui représentent entre 40 et 100 % des ressources en eau renouvelables (c'est le cas de la Syrie ou de la Tunisie par exemple). Les prélèvements de pays tels que l'Egypte, la Libye, les Emirats Arabes Unis, l'Arabie Saoudite et Israël représentent plus de 100 % des ressources en eau renouvelables.

D'autres indicateurs visaient, toujours dans des limites nationales, à représenter les situations de "déséquilibre" du système "eau/alimentation". L'indice de *stress hydrique* (Falkenmark & al. 1989) est basé sur une estimation de la quantité de ressources en eau renouvelables (de surface et souterraines) moyenne par habitant et par an, comparée au "besoin" en eau individuel calculé en prenant comme

référence un pays développé sous un climat semi-aride. Selon cet indice, 1700 m³/habitant/an est la limite au dessus de laquelle les pénuries en eau sont seulement locales et temporaires; en dessous de 1000 m³/habitant/an la pénurie en eau affecte le développement économique d'un pays, la santé et le bien-être des populations et en dessous de 500 m³/habitant/an, les disponibilités en eau sont des contraintes majeures à la vie. Cet indice mettait l'accent sur l'influence de la démographie sur la disponibilité des ressources en eau. Il faisait aussi l'hypothèse que chaque pays devrait être autonome sur le plan alimentaire et que le régime alimentaire serait le même partout. La recherche d'un équilibre à une échelle nationale, matérialisé par les politiques d'autosuffisance alimentaire, a des implications significatives en termes de représentation des objectifs et des instruments de l'action publique (Treyer 2006). L'autosuffisance alimentaire suppose en effet qu'un pays dispose, entre autres, des ressources en eau nécessaires. Il faut également qu'il soit capable de mobiliser les ressources disponibles, ce qui implique souvent des investissements considérables, notamment dans des infrastructures telles que des barrages et des réseaux d'irrigation.

Au début des années 90, l'indice de Falkenmark a été utilisé pour appuyer des théories cherchant à promouvoir l'imminence de guerres de l'eau interétatiques. Selon cet indice, des pays tels que la Turquie, la Syrie ou le Maroc ne faisaient pas l'objet d'un stress hydrique, contrairement à Israël, la Jordanie, les territoires palestiniens, la Libye ou l'Algérie (Margat, Vallée 1997). Cette situation ne s'est pourtant pas traduite par des "guerres de l'eau" entre ces pays. C'est le point de départ des analyses de J.A. Allan en sciences politiques et en économie institutionnelle sur le management de la demande en eau, qui l'ont conduit à imaginer la métaphore de l'eau virtuelle (Allan 1993). Avant 1993, Allan avait employé le terme d'"eau incorporée" (*embedded water*) mais il n'avait pas véritablement mobilisé l'attention de la "communauté internationale de l'eau". J.A. Allan s'est interrogé sur l'adéquation entre les politiques d'autosuffisance alimentaire affichées par la plupart des pays de ces régions et un état de fait : le niveau des importations agricoles. En effet, pour Allan, les tensions auxquelles les pays de cette région font face ont pu être endiguées en grande partie grâce à leurs relations avec le reste du monde, permettant un accès indirect, flexible et relativement peu coûteux à la disponibilité globale en eau via le commerce international de produits agricoles : " ...Il y a davantage d'eau qui pénètre dans la région MENA (Moyen-Orient Afrique du Nord) via les importations alimentaires par an que d'eau qui s'écoule annuellement dans le Nil et le Jourdain... " (Allan 1997). Ainsi, il ne s'agirait plus, pour ces pays, d'atteindre ou de conserver une autosuffisance alimentaire, mais plutôt d'assurer leur sécurité alimentaire. Selon la FAO, la sécurité alimentaire est obtenue lorsque tous les membres d'une société disposent, de façon constante, des conditions physiques et économiques permettant d'avoir accès à une nourriture suffisante, saine et nutritive correspondant à leurs besoins et à leurs préférences alimentaires et leur permettant de mener une vie active et saine.

Le concept de sécurité alimentaire diffère de celui d'autosuffisance alimentaire car il ne pose pas de contrainte sur la localisation de la production agricole ou alors seulement indirectement si elle affecte les conditions d'accès à l'offre. Il se focalise plutôt sur les conditions permettant de sécuriser la disponibilité en quantité et en qualité, la stabilité pour tous et tout le temps, l'accès physique, économique et social, les conditions hygiéniques et sanitaires de l'offre. Il introduit aussi la diversité des régimes alimentaires.

Le recours à l'importation dans les pays du Moyen-Orient constitue donc selon J.A. Allan (1997), un indicateur de la pénurie d'eau à laquelle ils font face. Ces importations contribuent aussi à ralentir des réformes politiquement impopulaires en faveur d'une gestion de la demande en eau perçue par beaucoup de gouvernements comme une remise en cause de leur capacité à sécuriser les approvisionnements en eau et en nourriture. Aussi, préfèrent-ils minimiser l'ampleur des pénuries d'eau et éviter des transitions majeures dans les politiques nationales de développement hydro-agricole. La force de l'eau virtuelle est donc, pour Allan, paradoxalement liée à son invisibilité (Allan 1999, 2001, 2002).

Partant du concept d'eau virtuelle, des auteurs ont cherché à introduire l'évolution des régimes alimentaires et les avancées techniques qui contribuent à augmenter la productivité de la terre, de l'eau, dans l'analyse des tensions générées par la production alimentaire sur les ressources en eau. Ces travaux

se sont donc intégrés dans une réflexion plus large sur les possibilités d'action sur l'agriculture pour " libérer " de l'eau pour d'autres usages (FAO 2003).

Le concept d'eau virtuelle met l'accent sur les relations commerciales inter-étatiques comme moyen développé par les pays pour gérer les problèmes de pénurie d'eau au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. Suite au développement du concept dans un espace géographique limité, l'eau virtuelle a suscité l'intérêt de centres internationaux comme l'Institut de l'ingénierie hydraulique de Delft (Hoekstra & al. 2002), (Chapagain & al. 2003), l'Institut international pour la gestion de l'eau (De Fraiture & al. 2004) et d'organismes internationaux comme la FAO et le Conseil mondial de l'eau. Des efforts de recherche importants ont alors été consentis pour comptabiliser l'eau virtuelle et ses flux dans le monde. Ces travaux se sont non seulement attachés à quantifier ces transferts d'eau " silencieux ", mais aussi à évaluer les impacts sur la gestion des ressources en eau locales et globales.

D'autres auteurs ont plutôt cherché à mettre l'accent sur les conditions qui permettent à la croissance démographique de stimuler la capacité d'adaptation et d'invention des populations: progrès technologique, régimes de propriété commune etc. Ainsi, les travaux A. Turton et de L. Ohlsson (1999) distinguent deux ordres de pénurie d'eau : la pénurie " physique " et la pénurie " sociale " qui révèle le manque de capacités d'adaptation pour pallier des situations de pénurie. L'indice proposé pour mesurer la capacité des pays à faire face à une pénurie d'eau prend en compte l'indice de développement humain (IDH) du Programme des Nations unies pour le développement (PNUD), basé sur trois dimensions : le niveau d'éducation, l'espérance de vie et le produit national brut (PNB), couplé à l'indice de stress hydrique développé par Falkenmark. L'IDH est utilisé par Ohlsson comme mesure indirecte des possibilités socio-économiques d'adaptation aux éventuelles limites des quantités d'eau matérialisées par les capacités de redistribution d'emplois entre secteurs et de nouvelles répartitions de l'eau (capacités financières, institutionnelles et professionnelles mesurées par le PNB, niveau d'éducation et durée de vie).

Les approches qui se sont matérialisées dans la recherche d'indicateurs ont donc été associées à des interprétations différentes de la question des relations entre les ressources en eau et l'alimentation, même si l'indicateur ne portait pas nécessairement en lui-même toutes ces interprétations. La représentation des limites - territoriales en particulier- de cette " question ", ainsi que du système à gérer et des solutions proposées renvoie à différentes positions normatives.

2 L'eau virtuelle : plusieurs définitions

Les travaux de comptabilisation de l'eau virtuelle ont été accompagnés d'une évolution de sa définition et des messages qui lui étaient associés avec des implications d'ordres analytiques ou prescriptifs différents.

La première définition correspond à la quantité d'eau consommée au cours de la production d'un bien, ce qu'on pourrait appeler la " sphère de la production " (Renault 2003). L'eau virtuelle peut alors permettre de calculer l'utilisation réelle des eaux par la population d'un pays ou son " empreinte sur l'eau " égale au total de la consommation domestique du pays, complété par ses importations d'eau virtuelle et diminué de ses exportations d'eau virtuelle. Pour les produits agricoles et les produits d'élevage, l'eau virtuelle est principalement l'eau évapotranspirée par les cultures. En effet, l'eau virtuelle des produits d'élevage est principalement celle qui a été consommée pour produire leur alimentation : l'eau bue, ou l'eau utilisée pour le nettoyage des bâtiments par exemple sont négligeables. On peut alors distinguer deux composantes de l'eau virtuelle : l'eau provenant des précipitations et présente naturellement dans le sol, appelée " eau verte " et l'eau d'irrigation ou " eau bleue ". La part relative de l'une et de l'autre dans la consommation globale d'eau par les cultures peut varier considérablement. La mobilisation de l'eau bleue et de l'eau verte ne demande pas les mêmes conditions, ni les mêmes moyens et n'a pas nécessairement les mêmes impacts sur le milieu, même si l'eau verte et l'eau bleue sont physiquement liées. La disponibilité en eau verte dépend de conditions climatiques et de l'aménagement du territoire à l'échelle du bassin versant considéré. L'eau bleue disponible dépend également de la pluviométrie mais pas aussi directement. La mobilisation et la gestion de l'eau bleue, dans l'espace et dans le temps, vise à

s'affranchir de certaines de ces relations, avec des coûts (financiers et économiques) plus élevés que pour l'eau verte.

Si l'on s'intéresse plutôt à la sphère de la " consommation " et aux conséquences des flux d'eau virtuelle sur les ressources et la sécurité alimentaire dans les pays importateurs, on peut assimiler l'eau virtuelle à l'eau qui serait nécessaire pour produire un bien dans le pays importateur. La valeur accordée à l'eau virtuelle peut aussi être calculée en fonction des relations, dans les pays importateurs, entre les flux d'un côté, et la gestion ainsi que la répartition des ressources en eau de l'autre: la question est de savoir dans quelle mesure le relâchement de la pression des ressources chez les pays importateurs est associé à des re-répartitions de l'eau (vers d'autres usages plus valorisants ou vers la fourniture de services environnementaux par exemple). Cette analyse demanderait de pouvoir distinguer l'eau bleue de l'eau verte. Il s'agit aussi de considérer la valeur des flux d'eau virtuelle induits par les échanges agricoles à la lumière des alternatives qui peuvent exister à ces flux. Dans le cas de produits importés par un pays qui ne pourrait pas raisonnablement, ou tout au moins à court terme, produire lui-même, pour des raisons climatiques par exemple, on peut essayer de considérer par exemple des productions alternatives qui fourniraient l'équivalent nutritionnel du produit importé. Ce principe d'équivalence nutritionnelle a aussi été utilisé pour calculer l'effet du régime alimentaire sur l'empreinte sur l'eau.

Le concept d'eau virtuelle renvoie à celui de la productivité hydrique, qui peut - selon que l'analyse soit économique, agronomique ou encore nutritionnelle - prendre des formes différentes : m³/kg produit, m³/\$ généré, m³/Kcalories et qui renvoie à des objectifs différents, qui ne sont pas toujours compatibles. Il a aussi été associé à différentes visions controversées : stratégique sur la sécurité alimentaire, libérale cherchant à optimiser l'utilisation de ressources finies ou encore environnementale en termes de relâchement des pressions sur des ressources.

3 Applications à la région méditerranéenne

Cette section se propose d'analyser et de discuter les résultats d'un travail de quantification réalisé sur différents pays méditerranéens, dans le cadre d'une étude du Plan Bleu (Fernandez 2007). Ce travail a cherché à quantifier les flux d'eau virtuelle contenue dans les produits agricoles exportés et importés par l'ensemble des pays riverains de la Méditerranée. Les produits sélectionnés pour l'analyse étaient : le blé, l'orge, le maïs, les graines de soja, les olives, la viande de bœuf et quelques cultures spécifiques pour les différents pays (dattes pour l'Algérie par exemple). Ce sont tous des produits dont la part dans le flux total d'eau virtuelle liée au commerce agricole est supérieure à 1% et qui sont stratégiques du point de vue de la sécurité alimentaire.

Ils représentent environ 70% des échanges d'eau virtuelle issus de produits agricoles depuis et vers les pays méditerranéens. Les importations ont été estimées en considérant les quantités d'eau qui auraient été nécessaires aux pays importateurs pour produire ce qu'ils ont importé.

Depuis 1990, la région méditerranéenne (tous pays riverains confondus) est globalement importatrice nette d'eau virtuelle au travers des échanges commerciaux des produits retenus.

Parmi les pays sélectionnés pour une analyse historique depuis 1990, seules la France et la Syrie (seulement entre 1993 et 1998 pour la Syrie) sont exportateurs nets d'eau virtuelle sur la période (Figure 1).

Bilans nets des flux d'eau virtuelle liés au commerce de céréales, soja, olives et viandes de boeuf, par habitant

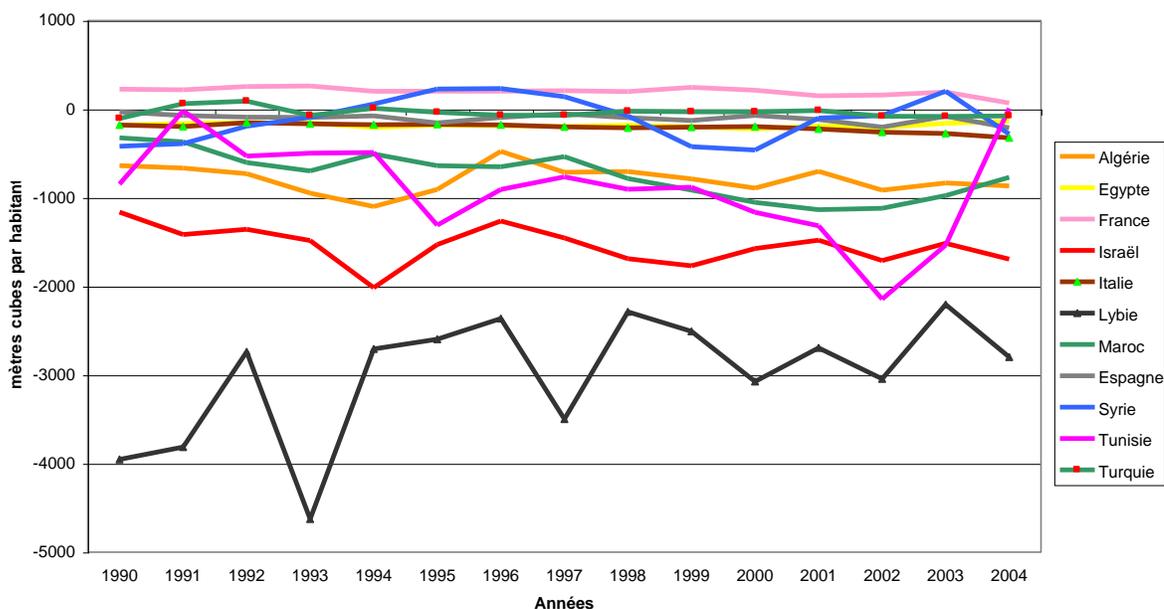


Figure 1 : Bilans nets (exportations-impports) des flux d'eau virtuelle liés au commerce des céréales, du soja, des olives et de la viande bovine par habitant (Source des données : FAO, Hoekstra)

En moyenne, sur la période 2000-2004, seules la France et la Serbie-Monténégro sont exportatrices nettes d'eau virtuelle. Tous les pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée sont importateurs nets d'eau virtuelle (Figure 2).



Figure 2 : Bilans nets des échanges d'eau virtuelle en milliards de mètres cubes (exportations – importations) des pays de la région méditerranéenne, moyenne des années 2000-2004 (Plan Bleu, source des données : FAO, Hoekstra et al.)

La part (en tonnage et en eau virtuelle) des échanges de produits agricoles dans la production globale est faible à l'échelle mondiale (moins de 15 % pour les céréales). Cependant, pour les pays de la région analysée, elle est loin d'être négligeable (Tableau 1).

	Algérie	Egypte	Espagne	France	Grèce	Israël	Italie	Liban
--	---------	--------	---------	--------	-------	--------	--------	-------

Part des importations d'eau virtuelle totale liée aux céréales et au soja exprimée en % de la production nationale d'eau virtuelle totale pour ces mêmes produits	276%	88%	82%	16%	71%	2002%	83%	981%
Part des exportations d'eau virtuelle totale liée aux céréales et au soja exprimée en % de la production nationale d'eau virtuelle totale pour ces mêmes produits	0%	0%	23%	55%	21%	33%	28%	27%

	Libye	Malte	Maroc	Syrie	Tunisie	Turquie
Part des importations d'eau virtuelle totale liée aux céréales et au soja exprimée en % de la production nationale d'eau virtuelle totale pour ces mêmes produits	887%	5324%	185%	28%	431%	16%
Part des exportations d'eau virtuelle totale liée aux céréales et au soja exprimée en % de la production nationale d'eau virtuelle totale pour ces mêmes produits	2%	85%	2%	14%	33%	6%

Tableau 1 : Importance relative des importations et des exportations d'eau virtuelle par rapport à l'eau virtuelle consommée au niveau national pour la production de céréales (blé, maïs, orge) et de soja, pour certains pays de la région méditerranéenne (Plan Bleu, Source des données : FAO, Hoekstra et al.)

La moitié des pays de la région méditerranéenne considérée a des importations en eau virtuelle pour le blé, le maïs, l'orge et le soja largement supérieures à la quantité d'eau virtuelle qu'ils consomment pour la production de ces mêmes produits. Ainsi, pour la Libye, elles représentent près de dix fois les quantités d'eau virtuelle consommées pour la production nationale et pour Israël, plus de 20 fois. Seulement cinq des vingt pays considérés ont des importations d'eau virtuelle pour ces produits qui représentent moins de 50 % de l'eau virtuelle consommée au niveau national.

Compte-tenu de facteurs climatiques, la productivité hydrique d'une même culture ou de produits d'élevage, la viande bovine par exemple, peut varier considérablement d'un pays à l'autre (Figure 3).

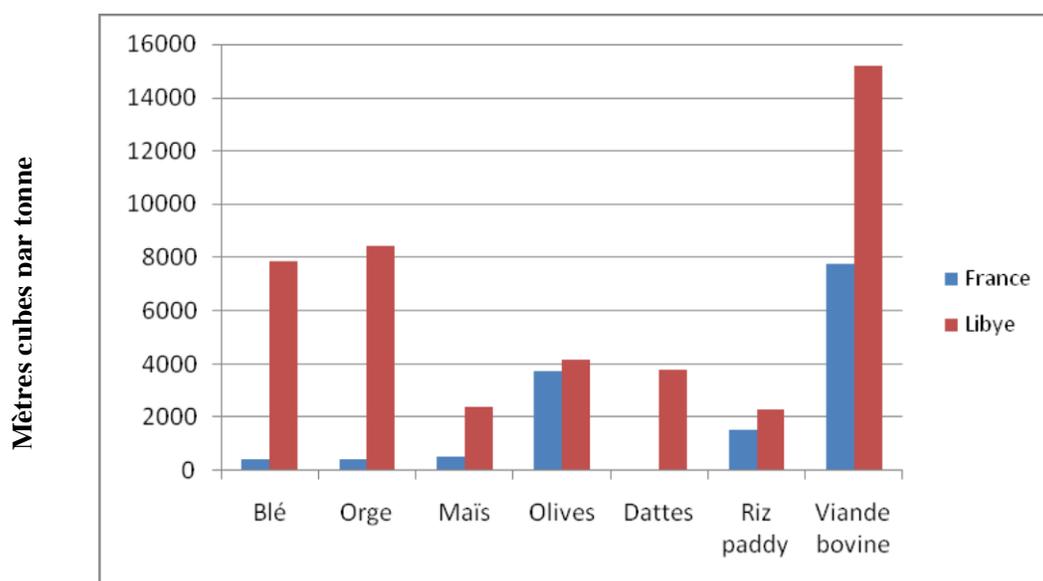


Figure 3 : Contenu en eau virtuelle par produit en France et en Libye (Plan Bleu, source des données : FAO, Hoekstra et al.).

Note : Le contenu en eau virtuelle (mètres cubes par tonne produite) correspond à l'inverse de La productivité hydrique (tonnes produites par mètre cube d'eau utilisée).

Il existe aussi une variabilité dans l'évolution des échanges d'eau virtuelle par pays. Ceci illustre la diversité des déterminants qui peuvent (même dans des pays aux ressources " rares ") expliquer l'état des flux d'eau virtuelle : la volatilité des prix mondiaux des biens agricoles, l'évolution des politiques agricoles et le niveau de soutien aux productions céréalières, la variabilité climatique inter-annuelle, des crises sanitaires et leurs implications économiques comme dans le cas de l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB). En effet, depuis la fin du XIX^e siècle, les prix des produits agricoles ont fait l'objet d'une baisse tendancielle, en monnaie constante, due à l'augmentation de la productivité et à la révolution des transports. Les prix agricoles se caractérisent aussi par des fluctuations, qui peuvent être très importantes, dont la périodicité et l'ampleur sont incertaines, et dont les causes sont multiples, d'ordre endogène et exogène (conditions de production, prix des intrants, logiques spéculatives, variabilité du climat, volume de la demande), face à une demande peu élastique. La volatilité des prix des biens agricoles a même été comparée à celles des marchés financiers.

Ainsi, la tendance générale pour le Maroc entre 1990 et 2004 montre une augmentation importante des importations de céréales et de soja, liée à une politique de libéralisation des échanges. Entre 1998 et 2002, le phénomène s'est accentué, du fait de sécheresses consécutives qui ont touché le pays pendant cette période (

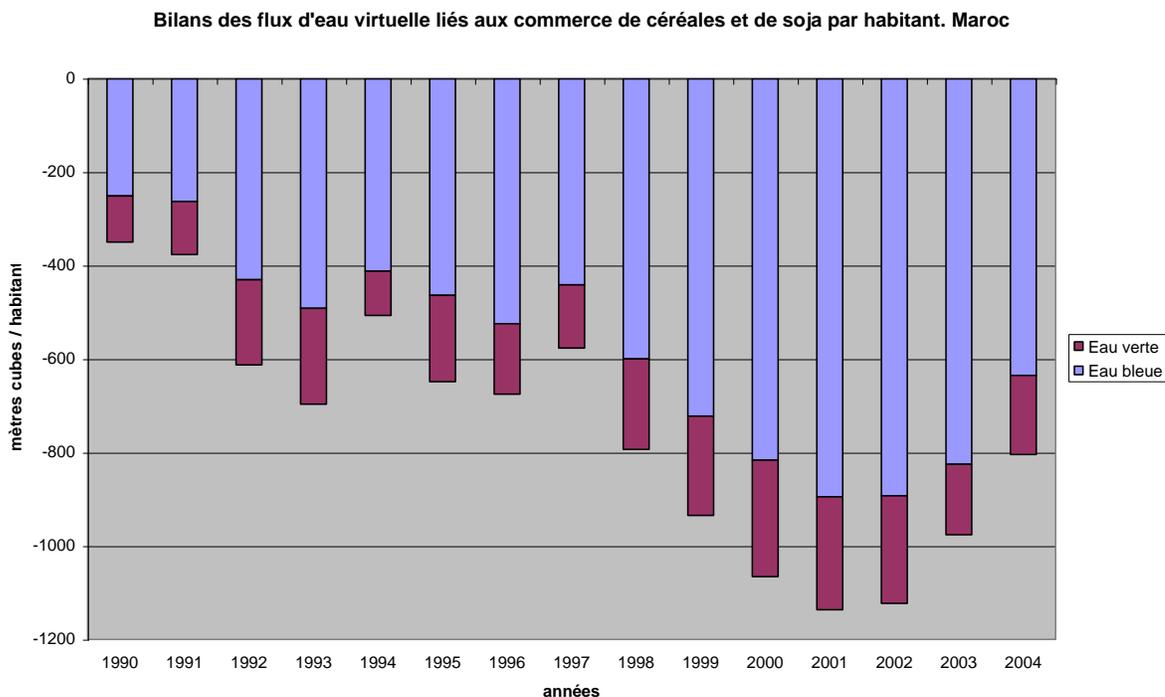


Figure 4).

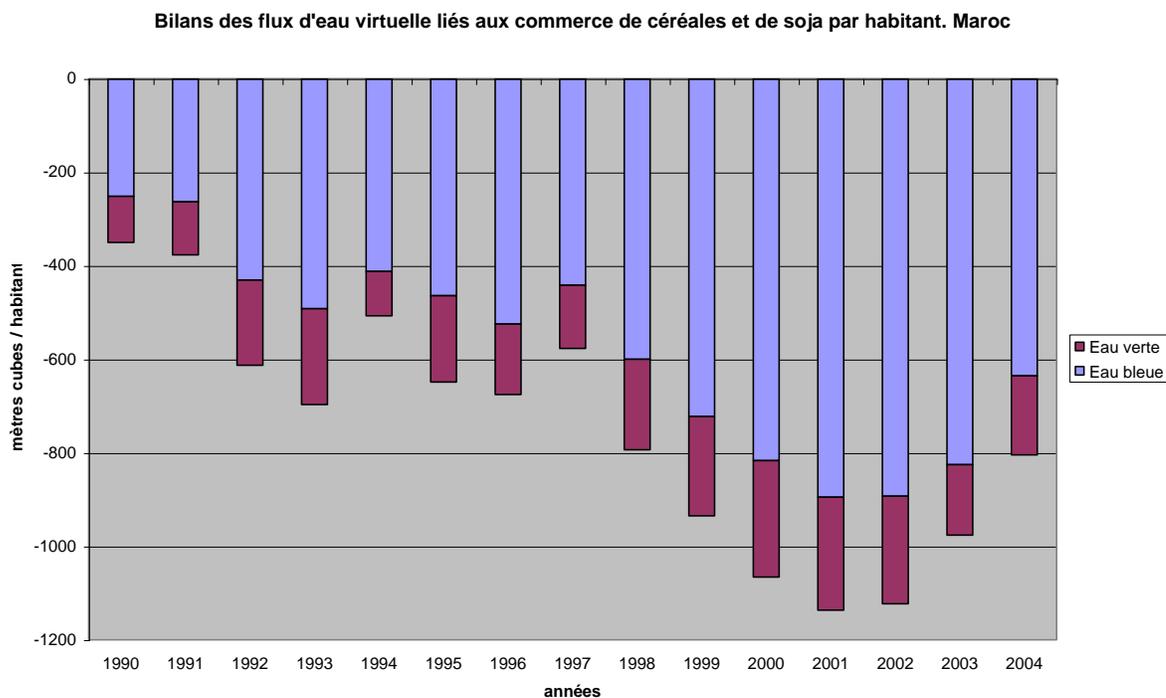


Figure 4 : Bilans nets des flux d'eau virtuelle liés au commerce de céréales et de soja, par habitant. Cas du Maroc (Plan Bleu, source des données : FAO, Hoekstra et al.)

Les échanges d'eau virtuelle concernant la Tunisie pour les céréales et le soja ont un profil similaire à celui du Maroc. Bien que largement importatrice nette, la Tunisie exporte aussi des farines de céréales et des préparations à base de céréales vers l'Union européenne ou les Etats-Unis d'Amérique.

La Syrie a quant à elle une pluviométrie faible mais d'importantes ressources en eau souterraines en particulier, alimentées, entre autres, par les pluies qui tombent en Turquie. La corrélation entre pluviométrie et ressources en eau disponibles n'est pas nécessairement cohérente à des échelles administratives. En Syrie, entre 1961 et 2001, la surface totale cultivée a baissé de 15 %, alors que la surface irriguée augmentait de près de 130 %. La croissance démographique annuelle est également très forte avec une moyenne de 3,2 % sur la période. Depuis le début des années 90, un vaste programme de développement de l'irrigation, incluant un accroissement substantiel des capacités de stockage et une intensification de l'utilisation des eaux souterraines, s'est traduit par une augmentation importante des surfaces irriguées (plus de 80 % d'augmentation entre 1990 et 2001, en 2000 la surface irriguée représente 23 % de la surface cultivée). L'augmentation des surfaces irriguées combinées à des conditions climatiques favorables jusqu'en 1999 a permis une forte augmentation de la production agricole (Fernandez & al. 2004). Depuis 1994, la Syrie est autosuffisante en blé grâce à la constitution de stocks et à l'extension permanente des surfaces cultivées. En 2004, le blé est la céréale la plus exportée principalement vers l'Égypte et l'Irak (60% des exportations). Entre 1995 et 1999, la Syrie a toujours été exportatrice nette d'eau virtuelle liée aux cultures. Cependant, les analyses menées dans le cadre de la présente étude montrent que la situation s'est renversée entre 2000 et 2004, ce qui peut s'expliquer par des conditions climatiques moins favorables.

4 Un outil pour discuter des questions de gestion et de répartition de l'eau en situation de pénurie ?

On ne peut pas véritablement parler d'indicateur pour décrire l'eau virtuelle dans la mesure où elle ne permet pas encore d'établir des relations de causalité entre les variables qui lui permettraient de

contribuer à définir des propositions d'action (Bouleau 2006). Elle constitue un concept développé par la recherche et l'expertise dans des arènes internationales, avec l'objectif de modifier les schémas interprétatifs et d'influencer les structures de signification (Jabri 1996) qui contribuent à façonner les politiques. En effet, plusieurs visions sont associées au concept d'eau virtuelle et elles font l'objet de controverses.

La vision libérale de ce concept met en avant les gains potentiels des transferts d'eau virtuelle en termes d'efficience de la mobilisation, de la répartition et de l'utilisation des ressources en eau. On peut en effet se demander si la valeur de l'eau utilisée pour produire certaines denrées alimentaires de première nécessité (telles que le blé ou le riz), dans des pays affectés par des pénuries d'eau, ne finit pas par être supérieure à la valeur des produits. En important ces biens, dont les prix sur les marchés mondiaux sont bas, les pays affectés par des pénuries d'eau peuvent réduire les tensions exercées sur leurs propres ressources en eau et/ou permettre de les mobiliser pour des usages qui la valorisent mieux. La théorie sous-jacente est celle des avantages comparatifs. Les économies d'eau qui peuvent résulter des échanges d'eau virtuelle se font non seulement au sein des pays importateurs, mais aussi au niveau mondial, étant données les différences de productivité entre pays exportateurs et pays importateurs. Oki estime ainsi les économies d'eau résultant des échanges d'eau virtuelle au niveau global à environ 400 km³ d'eau en 2000, dont 180 km³ d'eau "bleue", ce qui représente respectivement environ 3,9% et 1,7% des ressources mondiales d'eau aisément accessibles estimées à 10 300 km³ (Fernandez 2006). Quelle valeur prescriptive a cette vision ? Elle se base sur une photographie de la nature des échanges d'eau virtuelle observés aujourd'hui dont les causes ne sont pas, dans bien des cas, liées à des problèmes de pénurie physique d'eau (*capital naturel*) mais plutôt à des *capitaux* d'ordre économique, institutionnel et social, qui évoluent et ne sont pas figés dans le temps. L'application de la notion d'avantage comparatif est limitée par l'hypothèse d'immobilité des facteurs de production. La nature des échanges pourrait être davantage perçue comme un symptôme de problèmes non-directement liés à l'eau, qui influent sur l'utilisation de cette ressource. La promotion de cette vision peut présenter des effets pervers car un taux d'importations élevé conduit à des situations de forte dépendance à l'égard des termes économiques et politiques des échanges mondiaux et peut avoir des impacts négatifs sur l'économie du secteur agricole (Merret 2003). D'autre part, cette vision, appliquée à une compréhension de la situation actuelle et observée, n'est valide que si elle est le fruit de choix conscients (Conseil mondial de l'eau 2004) et si l'eau est un facteur explicatif pertinent des échanges de produits agricoles à l'échelle mondiale. Il s'agit aussi de savoir dans quelle mesure il est possible d'isoler la contribution d'un facteur au résultat de l'activité de production et des échanges commerciaux. Des études ont été menées pour analyser le poids de différents facteurs (terre, eau, travail,...) dans l'explication des échanges. Les résultats obtenus pour l'eau ont été assez mitigés, en fonction de la région étudiée (Earle 2001 pour l'Afrique du Sud et Hakimian 2003 pour l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient). Cependant, il est à noter que des analyses portant sur les ressources en eau renouvelables des pays, leurs importations alimentaires et la sécurité alimentaire ont montré qu'il existe un seuil de 1500 m³/habitant/an (indice de Falkenmark) en dessous duquel les importations d'un pays sont fortement corrélées négativement à ses ressources en eau disponibles (Yang et al. 2003).

La vision environnementale associée à la notion d'empreinte sur l'eau d'un pays ou d'un individu met en lumière l'impact sur les ressources en eau de certaines logiques productives et de certains modes de consommation, qui s'exerce à l'échelle mondiale via les échanges de produits agricoles. Les importations permettent de relâcher les pressions sur les ressources des pays, mais les flux d'eau virtuelle ont aussi des impacts importants sur les ressources des pays exportateurs. Même lorsque ces pays disposent de ressources globalement abondantes, ces flux peuvent se traduire par des tensions entre usagers et par des dégradations des hydrosystèmes.

Enfin la vision stratégique pour la sécurité alimentaire s'applique particulièrement au contexte méditerranéen. Le concept a contribué à remettre à plat les justifications associées aux investissements pour la mobilisation et l'utilisation de la ressource en eau pour l'agriculture et à mieux appréhender les questions politiques sur le long terme que l'eau pose aux économies des pays arides et semi-arides. En

revanche, la métaphore de l'eau virtuelle peut difficilement être utilisée pour promouvoir les importations de produits alimentaires dans les pays arides sans tenir compte de l'impact à moyen et long terme sur les secteurs agricoles et le développement rural particulier du pays (Treyer 2006). Le concept d'eau virtuelle a aussi permis de matérialiser l'influence des préférences alimentaires des populations et des politiques agricoles dans les régions produisant des surplus sur l'état des ressources en eau (Renault 2002) et donc à attirer l'attention, à l'échelle internationale, sur la question de la répartition de l'activité agricole irriguée entre les différentes parties du monde et de l'organisation des marchés alimentaires mondiaux. Les problèmes de gestion et de répartition des ressources en eau se posent donc à l'échelle du bassin versant mais pas seulement. Un certain nombre de déterminants de l'utilisation de l'eau au sein d'un bassin versant est extérieur à ce bassin et il est de nature "hydro-économique" (Allan 2003). On peut se demander si la possibilité d'accéder aux ressources en eau mondiales via le commerce des produits agricole pour les pays en situation de pénurie contribue à repenser les politiques de développement hydro-agricoles ou au contraire ralentit un certain nombre de transitions, en permettant à l'eau virtuelle de circuler, au-delà des débats politiques (Allan 2001).

Si une comptabilité mondiale des échanges d'eau virtuelle peut permettre de fournir une matrice d'analyse des relations entre pays, l'intérêt potentiel d'un tel concept réside d'abord dans sa capacité à appuyer l'analyse dans le cadre de réflexions stratégiques et de controverses à des échelles nationales, régionales ou locales, en particulier dans le contexte méditerranéen. Dans les pays méditerranéens, il peut intervenir dans l'établissement de cadres comptables des flux d'eau d'un pays pour aider à décrire l'état actuel du système et à discuter des marges de manœuvre en termes d'utilisation de l'eau et de ses implications sociales, économiques et environnementales, spécifiques au pays concerné.

Bibliographie

Allan J. A. (1993). *Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible*. In *Priorities for water resources allocation and management*. ODA:13-26. London, United Kingdom.

Allan J. A. (1997). *'Virtual water': a long term solution for water short Middle Eastern economies?* Presented at the 1997 British Association Festival of Science, Roger Stevens Lecture Theatre, University of Leeds, United Kingdom, Water and Development Session, 9 September.

Allan J. A. (1999). *Water stress and global mitigation: Water, food and trade*. Arid Lands Newsletter N° 45.

Allan J. A. (2001). *The Middle East water question: Hydropolitics and the global economy*. I.B. Tauris, London.

Allan J. A. (2002). *Hydro-Peace in the Middle East: Why no Water Wars? A Case Study of the Jordan River Basin*. SAIS Review vol. XXII. 2.

Allan J. A. (2003). *IWRM/IWRAM: a new sanctioned discourse?* Occasional Paper 50. SOAS Water Issues. Study Group School of Oriental and African Studies, University of London (UK).

Bouleau G. (2006). *Le débat sur la qualité de l'eau. Comment des données peuvent devenir des indicateurs?* Ingénieries numéro 47, pages 29 à 35.

Conseil Mondial de l'eau (2004). *Conference synthesis : virtual water trade, conscious choices*.

Chapagain A. K., Hoekstra A. Y. (2003). *Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products*. Value of Water Research Report Series N° 13. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Cheverry C., Robert M. (1998). *La dégradation des sols irrigués et de la ressource en eau : une menace pour l'avenir de l'agriculture et pour l'environnement des pays au sud de la Méditerranée ?* Etude et gestion des sols, 5, 4, pp. 217-228.

De Fraiture C., Cai X., Amarasinghe U., Rosegrant M. and Molden D. (2004). *Does International Cereal Trade Save Water ? The impact of virtual water trade on global water use.* IWMI, Research report 4, 2004

Earle A. (2001). *The role of water in food security in Southern Africa.* Occasional Paper 33. SOAS Water Issues, Study Group. School of Oriental and African Studies, University of London (UK).

Falkenmark M., Lundquist J. and Widstrand C. (1989). *Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches: aspects of vulnerability in semi-arid development.* Natural Resources Forum 13, pp. 258-267.

Fernandez S. (2007). *L'eau virtuelle : un indicateur pour contribuer à l'analyse des questions de gestion et de répartition de l'eau en situation de pénurie ?* Plan Bleu pour l'environnement et le développement en Méditerranée.

Fernandez S. (2006). *Eau virtuelle et sécurité alimentaire.* Traité d'irrigation, chapitre X. Deuxième édition. Edité et coordonné par J.R. Tiercelin et A. Vidal, pp 919-930.

Fernandez S., Verdier J. (2004). *La problématique de l'eau agricole en Méditerranée.* Atelier international de l'IME, FAO & IPTRID, Montpellier, mars 2004.

Hakimian H. (2003). *Water Scarcity and Food Imports: An Empirical Investigation of the "Virtual Water" Hypothesis in the MENA Region.* Occasional paper. SOAS Water Issues. Study Group, School of Oriental and African Studies, University of London (UK).

Hoekstra, A. Y., Hung, P. Q. (2002). *Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade.* Value of Water Research Report Series No. 11, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.

Jabri V. (1996). *Discourses on violence: conflict analysis reconsidered*. (Manchester: Manchester University Press. 204 pages.

Margat J., Vallée D. (1997). *Démographie en Méditerranée*. CIHEAM, Options Méditerranéennes, Série A N°31, Séminaires Méditerranéens.

Merrett S. (2003). *Virtual water and Occam's razor – a discussion*. Water International 28(1):103–105. Occasional paper N°62. SOAS Water Issues Study Group, University of London.

Ohlsson L. (1999). *Environment, Scarcity and Conflict: A Study of Malthusian Concerns*. Department of Peace and Development Research, University of Göteborg, Göteborg, Sweden.

Renault D. (2003). *Value of virtual water in food: Principles and virtues, in Virtual water trade*. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12. UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.

Renault D. (2002). *La valeur de l'eau virtuelle dans la gestion de l'alimentation humaine*. Congrès SHF "Eau et économie", Paris, Septembre 2002.

Shilkomanov I. A. (1991). *The World's water resources*. In: Proc. Int. Symposium. To Commemorate 25 years of IHAP, pp. 93-126. (UNESCO/IHP, Paris)

Turton A. R., Ohlsson L. (1999). *Water scarcity and social adaptive capacity: Towards an understanding of the social dynamics of managing water scarcity in developing countries*. Ninth Stockholm Water Symposium.

Treyer, S. (2006). *A quelle raréfaction de l'eau faut-il se préparer ? Construire une intervention prospective au service de la planification pour les ressources en eau en Tunisie*. Thèse de doctorat de l'Engref. 677 pages.

Yang H., Reichert P., Abbaspour K. C., and Zehnder A. J. B. (2003). *A water resources threshold and its implications for food security*. Environ. Sci. Technol., 37, 3048–3054.

- Source des données sur les échanges commerciaux de produits agricoles :

- Matrice du commerce mondial de la FAO : <http://www.fao.org/es/ess/watm.asp>
- Flux commerciaux agricoles mondiaux : <http://www.fao.org/es/ess/watf.asp>
- Statistiques de la FAO (FAOSTAT) : <http://faostat.fao.org/site/343/default.aspx>

- Sources des données pour le calcul des quantités d'eau consommées pour la production des biens agricoles échangés :

- *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements* - FAO Irrigation and drainage paper 56 : <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.HTM>;
- Modèle de bilan hydrique, CROPWAT : <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/cropwat.stm>.